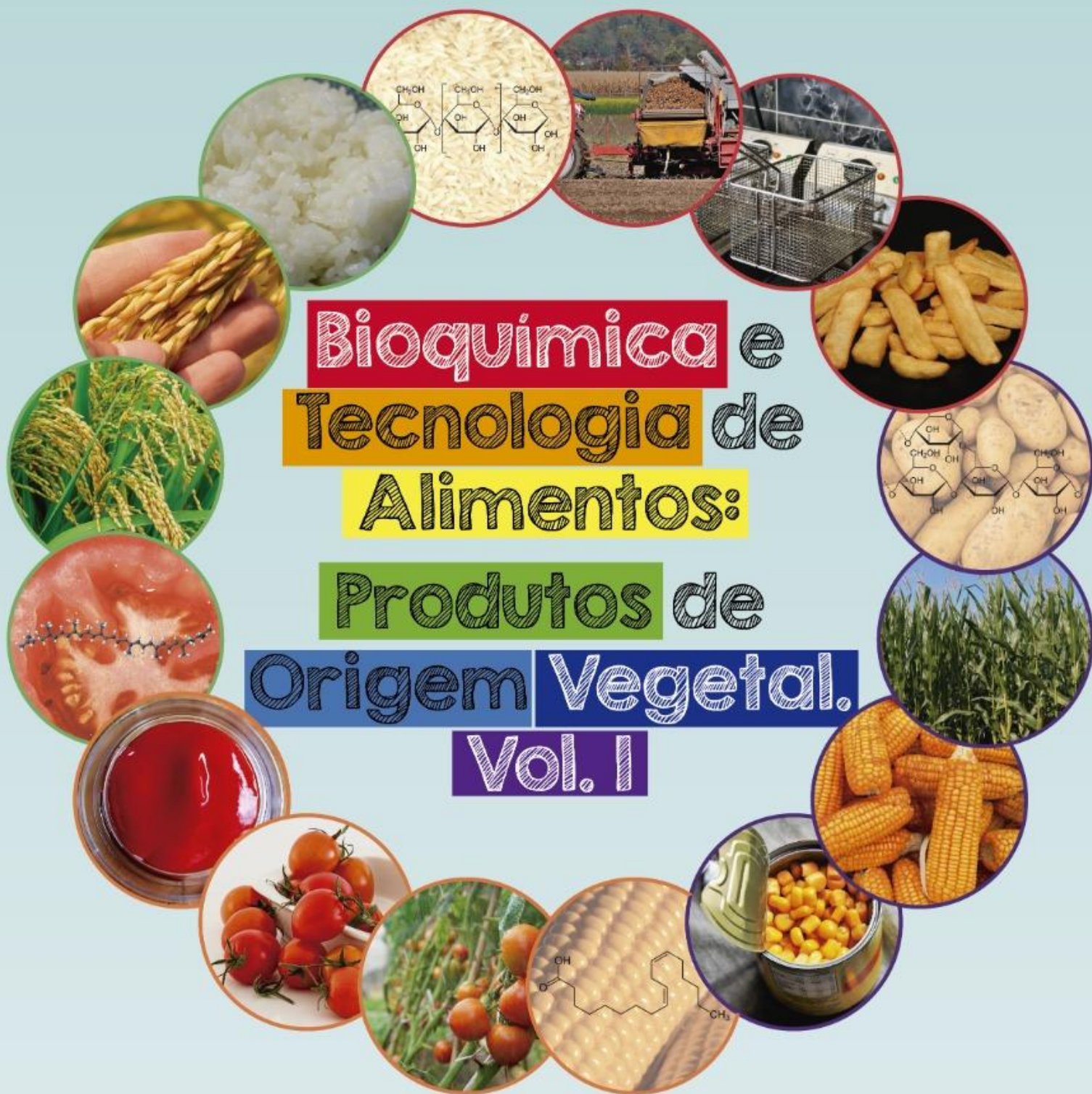


ORGANIZADORES:  
BRUNO M. DALA-PAULA & MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI



**Bioquímica e  
Tecnologia de  
Alimentos:  
Produtos de  
Origem Vegetal.  
Vol. I**

1ª edição

Alfenas-MG  
2022

**Organizadores:** Bruno Martins Dala-Paula & Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

**Autores:**

Bruno Martins Dala-Paula  
Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici  
Leonora Mansur Mattos  
Bianca Sarzi de Souza  
Brígida Monteiro Vilas Boas  
Janaína Guernica Silva  
Sílvia Mendonça Vieira  
Elizabeth Harumi Nabeshima  
Gustavo Costa do Nascimento  
Bruna Lago Tagliapietra  
Elisa Cristina Andrade Neves

Maria Cristina Ferrari  
Thaísa de Menezes Alves Moro  
Bruna Guedes de Melo  
Natali Alcântara Brandão  
Michele Scarton  
Pedro Henrique Campelo  
Marcio Schmiele  
Rebeca Salvador-Reyes  
Jaime Amaya-Farfan  
Kamila Leite Rodrigues

**Editoração:** Bruno Martins Dala-Paula

**Revisão:** Bruno Martins Dala-Paula

**Capa principal:** William Permagnani Gozzi

**Capa dos capítulos:** William Permagnani Gozzi

**Contracapa:** William Permagnani Gozzi

# Bioquímica e Tecnologia de Alimentos: Produtos de Origem Vegetal – Volume I

1ª edição



Alfenas-MG  
2022

© 2022 Direitos reservados aos autores. Direito de reprodução do livro é de acordo com a lei de Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Grupo de Pesquisa em Alimentos e Saúde (GrAS)  
Disponível em: <http://www.unifal-mg.edu.br/bibliotecas/ebooks>



Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG  
Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 Centro – Alfenas – Minas Gerais – Brasil – CEP: 37.130-001

Reitor: Sandro Amadeu Cerveira  
Vice-reitor: Alessandro Antônio Costa Pereira

Sistema de Bibliotecas da UNIFAL-MG / SIBI/UNIFAL-MG

Autores: Bruno Martins Dala-Paula, Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici, Leonora Mansur Mattos, Bianca Sarzi de Souza, Brígida Monteiro Vilas Boas, Janaína Guernica Silva, Sílvia Mendonça Vieira, Elizabeth Harumi Nabeshima, Gustavo Costa do Nascimento, Bruna Lago Tagliapietra, Elisa Cristina Andrade Neves, Maria Cristina Ferrari, Thaísa de Menezes Alves Moro, Bruna Guedes de Melo, Natali Alcântara Brandão, Michele Scarton, Pedro Henrique Campelo, Marcio Schmiele, Rebeca Salvador-Reyes, Jaime Amaya-Farfan & Kamila Leite Rodrigues

Organizadores: Bruno Martins Dala-Paula & Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

Editoração: Bruno Martins Dala-Paula

Revisão: Bruno Martins Dala-Paula

Capa principal, capa dos capítulos e contracapa: William Permagnani Gozzi

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Central – Campus Sede

D136q Dala-Paula, Bruno Martins  
Bioquímica e Tecnologia de Alimentos Produtos de Origem Vegetal.  
Vol. 1/ Bruno Martins Dala-Paula ... [et al]. Organizadores: Bruno Martins Dala-Paula; Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici – Alfenas -- MG: Editora Universidade Federal de Alfenas, 2022.  
268 f.: il. – (Coleção: Bioquímica e Tecnologia de Grupos de Alimentos, v. 1)

ISBN: 978-65-86489-62-0. (e-book)

Formato: .pdf

Disponível em: <https://www.unifal-mg.edu.br/bibliotecas/fontes-de-informacao/e-books/>

Inclui Bibliografia.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Processamento de alimentos - Indústria.  
3. Alimentos - Manipulação. I. Clerici, Maria Teresa Pedrosa Silva. (org.)  
II. Título.

CDD- 664

Ficha Catalográfica elaborada por Marlom Cesar da Silva  
Bibliotecário-Documentalista CRB6/2735

## INSTITUIÇÕES E PARCEIROS

---

### Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)

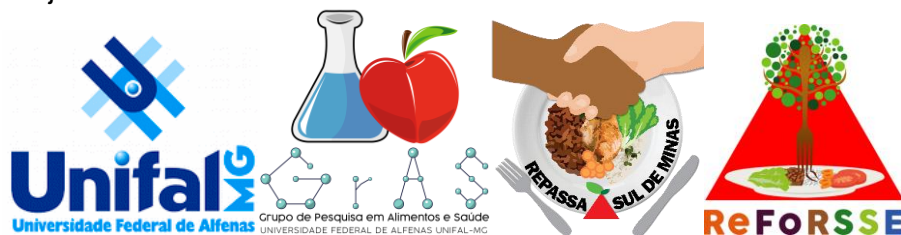
Faculdade de Nutrição

Grupo de Pesquisa em Alimentos e Saúde (GrAS)

Pós-Graduação (*lato sensu*) em Tecnologia e Qualidade na Produção de Alimentos – TecQuali

Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Longevidade – PPGNL

Projetos REPASSA-Sul de Minas e ReFoRSSE



#### Endereço:

R. Gabriel Monteiro da Silva, 700, CEP: 37.130-001, Alfenas – MG, Brasil.

Website: <https://www.unifal-mg.edu.br/fanut/>

Fone: +55 35 3701-9742

Email: [bruno.paula@unifal-mg.edu.br](mailto:bruno.paula@unifal-mg.edu.br)

### Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Faculdade de Farmácia

Departamento de Alimentos

Programa de Pós-Graduação (*stricto sensu*) em Ciências de Alimentos – PPGCA



#### Endereço:

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP: 31.270-901, Belo Horizonte – MG, Brasil.

Website: <http://www.farmacia.ufmg.br>

Fone: +55 31 3409-5000

Email: [flaviabcustodio@gmail.com](mailto:flaviabcustodio@gmail.com)

### Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)



#### Endereço:

PqEB - Av. W3 Norte (Final) S/N - Asa Norte, CEP: 70.770-901, Brasília, DF – GO, Brasil

Website: <http://www.embrapa.br>

Fone: +55 61 3448-4433

Email: [leonora.mattos@embrapa.br](mailto:leonora.mattos@embrapa.br)

## Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-SP)

Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição  
Programa de Pós-Graduação (*stricto sensu*) em Tecnologia de Alimentos – PPGTA



**UNICAMP**



### Endereço:

Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo, CEP: 13.083-970, Campinas – SP, Brasil.

**Website:** <https://www.fea.unicamp.br/>

**Fone:** +55 19 3521-2121

**Email:** [mclerici@unicamp.br](mailto:mclerici@unicamp.br)

## Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS)

Programa de Pós-Graduação (*stricto sensu*) em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA)



**INSTITUTO FEDERAL**

Sul de Minas Gerais

### Endereço:

#### **Campus Machado**

Rodovia Machado - Paraguaçu, km 3, Bairro Santo Antônio, CEP: 37.750-000, Machado – MG, Brasil.

**Website:** <https://portal.mch.ifsuldeminas.edu.br>

**Fone:** +55 35 3295-9700

**Email:** [brigida.monteiro@ifsuldeminas.edu.br](mailto:brigida.monteiro@ifsuldeminas.edu.br)

#### **Campus Muzambinho**

Estrada de Muzambinho, Morro Preto, CEP 37.890-000, Muzambinho – MG, Brasil.

**Website:** <https://www.muz.ifsuldeminas.edu.br>

**Fone:** +55 35 3571-5051

**Email:** [bianca.souza@ifsuldeminas.edu.br](mailto:bianca.souza@ifsuldeminas.edu.br)

## Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)



Universidade Federal  
de Ouro Preto

Escola de Nutrição

Departamento de Alimentos

**Endereço:** Rua Dois, Campus Morro do Cruzeiro, CEP: 35.400-000, Ouro Preto – MG, Brasil.

**Website:** <https://enut.ufop.br/>

**Fone:** +55 31 3559-1833

**Email:** [silvia.vieira@ufop.edu.br](mailto:silvia.vieira@ufop.edu.br)

## AGRADECIMENTOS

---

Nosso agradecimento a todos(as) os(as) profissionais comprometidos(as) com a educação de qualidade, crítica e gratuita; às Instituições de Ensino Superior e a EMBRAPA que possibilitaram a participação dos(as) docentes, pesquisadores(as) e discentes no processo de criação/desenvolvimento desta obra.

Agradecemos às agências de fomento à pesquisa e empresas privadas que auxiliam pesquisas desenvolvidas pelos(as) docentes, pesquisadores(as) e discentes autores(as) deste *ebook*, contribuindo assim, com o avanço da ciência e tecnologia e da educação, dentre elas: FAPEMIG; *British Council*; Fundação Cargill no 5ª Edição do Edital Fundação Cargill Alimentação em Foco, para os projetos (i) Rede de Elaboração de Produtos Alimentícios a partir de Subprodutos dos Sistemas Alimentares do Sul de Minas Gerais (REPASSA-Sul de Minas) e; (ii) Fibras e amidos de tubérculos ainda não comercializados industrialmente; CAPES fundo 001; CNPq e Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (UNIFAL-MG).

Este *ebook* é fruto do trabalho de muitas mãos, carregando consigo a diversidade de saberes, conhecimentos, experiências, comprometimento e entrega profissional. Foi desenvolvido com o fito de contribuir na formação de diferentes profissionais que poderão atuar na busca de colheitas fartas, seguras e sustentáveis; no beneficiamento responsável, eficiente e sem desperdícios e; na situação de mesa farta, diversa e capaz de alimentar os costumes, cultura, desejos e fome. Agradecemos às pessoas envolvidas em sua elaboração que se dedicaram na realização do trabalho de planejamento, pesquisa, escrita, revisão, edição, diagramação, elaboração de artes e outros mais, necessários à publicação deste *ebook*, de forma gratuita e comprometida. Que esta obra germine boas ideias e ações para uma sociedade com ampla diversidade de alimentos saudáveis, sustentáveis e em consonância com a cultura brasileira.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Sintomas de alterações provocadas pela injúria por congelamento. ....	23
<b>Figura 2</b> – Sintomas de injúria pelo frio (CI) em bananas armazenadas ao longo de duas semanas sob diferentes temperaturas.....	23
<b>Figura 3</b> – Atributos de consistência e espalhabilidade da geleia de jaboticaba.....	49
<b>Figura 4</b> – Influência dos componentes básicos (pectina, ácido e açúcar) para formação do gel na geleia. ....	50
<b>Figura 5</b> – Armazenamento de frutas conservadas quimicamente. ....	51
<b>Figura 6</b> – Teste do álcool em jaboticaba. ....	52
<b>Figura 7</b> – Extração do suco para fabricação de geleia de jaboticaba. ....	54
<b>Figura 8</b> – Despolpadeira elétrica. ....	54
<b>Figura 9</b> – Aparência da geleia de morango. ....	55
<b>Figura 10</b> – Tacho encamisado (A) e tacho comum (B) usado na fabricação de geleia. ....	56
<b>Figura 11</b> – Determinação do teor de sólidos solúveis em geleia de morango. ....	57
<b>Figura 12</b> – Verificação do ponto final da geleia no teste da colher. ....	57
<b>Figura 13</b> – Termoinversão em geleia de morango. ....	59
<b>Figura 14</b> – Lacre termoencolhível e rótulo em geleia de morango. ....	59
<b>Figura 15</b> – Doces cristalizados.....	64
<b>Figura 16</b> – Cocção de figo no xarope de açúcar. ....	66
<b>Figura 17</b> – Secagem de figo cristalizado. ....	66
<b>Figura 18</b> – Fluxograma de uma planta de processamento comercial de suco de laranja concentrado e congelado (FCOJ) e suco de laranja não concentrado. ....	78
<b>Figura 19</b> – Fluxograma geral de produção de hortaliça em conserva. ....	97
<b>Figura 20</b> – Etapa de enchimento dos recipientes com a hortaliça branquada. ....	98
<b>Figura 21</b> – Adição de líquido de cobertura. ....	99
<b>Figura 22</b> – Determinação de pH do líquido de cobertura após processamento térmico. ....	100
<b>Figura 23</b> – Fluxograma geral de produção de hortaliça minimamente processada. ....	104
<b>Figura 24</b> – Exemplo de desidratação de vegetais em estufa com circulação forçada de ar, para laboratórios. ....	110
<b>Figura 25</b> – (A) Áreas dos povos indígenas Guarani e Alto Rio Negro sendo que a área em laranja representa o local de presença Guarani; (B) áreas em verde de povos indígenas do norte brasileiro circulada a localização dos povos do Alto Rio Negro. ....	123
<b>Figura 26</b> – (A) Caule, folhas e (B) parte tuberosa da batata Mairá; (C) folhas e (D) batatas de Ariá. ....	124
<b>Figura 27</b> – Gengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ), com destaque em suas partes. ....	125
<b>Figura 28</b> – Colheres com farinhas de mandioca tipos (A) ovinha; (B) sobra da ovinha; (C) d'água; (D) d'água artesanal; e (E) tapioca adquiridas do mercado municipal de Manaus, Amazonas, Brasil, e diretamente com o produtor no município de Caapiranga, Amazonas, Brasil. ....	128
<b>Figura 29</b> – Batata inglesa no centro e suas farinhas, a esquerda com granulometria mais grossa e a direita mais fina (60 mesh). ....	130
<b>Figura 30</b> – Taro ( <i>Colocasia esculenta</i> ). ....	131
<b>Figura 31</b> – (A) Folhas de Taro; (B) Folhas de Taioba.....	132
<b>Figura 32</b> – (A) Parte aérea do cará moela; (B) parte subterrânea do cará moela. ....	133
<b>Figura 33</b> – (A) Farinhas de mandioca; (B) Farinha de cará roxo, (C) Farinha de cará branco; e (D) Farinha de ariá, produzidas em casa de farinha tradicional em Caapiranga, Amazonas, Brasil. ....	134
<b>Figura 34</b> – Processamento laboratorial de cará roxo em farinha, provenientes de Caapiranga, Amazonas, Brasil. ....	135

<b>Figura 35</b> – (A) Folhas do cará-de-espinho subindo em um tronco de árvore; (B) Cará-de-espinho inteiro em caixa de madeira após ser retirado da terra; e (C) cará-de-espinho cortado.....	136
<b>Figura 36</b> – Raízes de bardana e seus produtos derivados crus, cozidos, fritos e assados. ....	137
<b>Figura 37</b> – Imagens de raízes de bardana submetidas a diferentes processos: (BR1) branqueamento (98 °C/4 min); (BR2) refogada (95 ± 4 °C/10 min); (BR3/4) secagem (98 °C/4 h); (BR5) torrefação (120 °C/20 min); e (BR6) fritura (150 ± 4 °C/4 min).....	138
<b>Figura 38</b> – Fatias de cará-de-espinho colocadas em grades de madeira para secagem solar.....	150
<b>Figura 39</b> – (A) Bolo feito com taro ralado cru acompanhado de taro <i>in natura</i> e geleia de cupuaçu, (B) Fatia de bolo de cará roxo com banana da terra acompanhado de banana da terra <i>in natura</i> . ....	153
<b>Figura 40</b> – Batata doce biofortificadas.....	157
<b>Figura 41</b> – Grão de cereal e suas partes.....	166
<b>Figura 42</b> – Composição química de um cereal.....	167
<b>Figura 43</b> – Pseudocereais de origem latina.....	201
<b>Figura 44</b> – Trigo Sarraceno.....	202
<b>Figura 45</b> – Produtos expandidos de pseudocereais.....	213
<b>Figura 46</b> – Produtos comerciais de pseudocereais.....	214
<b>Figura 47</b> – Produção de chá pelos principais países produtores.....	230
<b>Figura 48</b> – Produção atual e projetada para os chás preto e verde.....	231
<b>Figura 49</b> – <i>Camellia sinensis</i> , ramo de folhas verdes com flores.....	233
<b>Figura 50</b> – Etapas do processamento primário de chá em seis diferentes tipos.....	235
<b>Figura 51</b> – Folhas de <i>Camellia sinensis</i> processadas em seis tipos tradicionais de chás.....	238
<b>Figura 52</b> – Diferenças nas etapas do processamento do chá verde apresentando perfis sensorial distintos.....	242



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Produtos hortícolas classificados de acordo com as taxas de respiração. ....	17
<b>Tabela 2</b>	– Classificação de produtos hortícolas de acordo com a produção de etileno. ....	19
<b>Tabela 3</b>	– Efeito da temperatura na taxa de deterioração de produtos não-sensíveis ao dano pelo frio. ....	27
<b>Tabela 4</b>	– Condições de temperatura e umidade relativa e período de armazenamento comercial de algumas frutas. ....	40
<b>Tabela 5</b>	– Quantidade (g) dos ingredientes usados na formulação de geleia mista de caqui e morango. ....	55
<b>Tabela 6</b>	– Condições de temperatura e umidade relativa e período de armazenamento comercial de algumas hortaliças. ....	94
<b>Tabela 7</b>	– Produção brasileira, em mil toneladas, dos principais tubérculos e raízes no ano de 2020 apresentados pela FAO. ....	121
<b>Tabela 8</b>	– Composição química dos tubérculos <i>in natura</i> (parte comestível). ....	139
<b>Tabela 9</b>	– Características dos carboidratos de alguns tubérculos. ....	140
<b>Tabela 10</b>	– Características dos grânulos de amidos de tubérculos*. ....	142
<b>Tabela 11</b>	– Teores de vitaminas e minerais dos tubérculos e raízes <i>in natura</i> (parte comestível). ....	144
<b>Tabela 12</b>	– Valor nutricional de produtos de tubérculos (g/100 g). ....	155
<b>Tabela 13</b>	– Composição centesimal média (% na matéria seca) dos principais cereais utilizados na alimentação humana e/ou animal. ....	168
<b>Tabela 14</b>	– Principais produtores e consumidores de trigo (em toneladas métricas/hectare). ....	172
<b>Tabela 15</b>	– Importação de trigo (em toneladas) por país em 2021. ....	173
<b>Tabela 16</b>	– Exportação de trigo (em toneladas) por país em 2021. ....	174
<b>Tabela 17</b>	– Principais produtores e consumidores de milho (em toneladas métricas). ....	176
<b>Tabela 18</b>	– Principais exportadores e importadores mundiais de milho (em toneladas métricas). ....	177
<b>Tabela 19</b>	– Principais produtores e consumidores mundiais de arroz (em toneladas métricas). ....	182
<b>Tabela 20</b>	– Importação de arroz (em toneladas) em 2020. ....	182
<b>Tabela 21</b>	– Principais países exportadores de arroz (em toneladas) em 2020. ....	183
<b>Tabela 22</b>	– Principais produtores e consumidores mundiais de aveia (em toneladas métricas). ....	185
<b>Tabela 23</b>	– Principais exportadores e importadores mundiais de aveia (em toneladas métricas). ....	186
<b>Tabela 24</b>	– Principais produtores e consumidores de centeio (em toneladas métricas). ....	187
<b>Tabela 25</b>	– Principais exportadores e importadores mundiais de centeio (em toneladas métricas). ....	188
<b>Tabela 26</b>	– Principais produtores e consumidores mundiais de cevada (em toneladas métricas). ....	190
<b>Tabela 27</b>	– Principais exportadores e importadores mundiais de cevada (em toneladas métricas). ....	191
<b>Tabela 28</b>	– Principais produtores e consumidores de sorgo (em toneladas métricas). ....	192
<b>Tabela 29</b>	– Principais exportadores e importadores de sorgo (em toneladas métricas). ....	193
<b>Tabela 30</b>	– Produção dos principais pseudocereais no ano de 2021. ....	200
<b>Tabela 31</b>	– Composição química dos principais pseudocereais. ....	203
<b>Tabela 32</b>	– Características dos grânulos de amidos dos pseudocereais. ....	204
<b>Tabela 33</b>	– Conteúdo de aminoácidos dos pseudocereais (g/100 g). ....	206
<b>Tabela 34</b>	– Características físico-químicas dos lipídios de pseudocereais. ....	208

<b>Tabela 35</b> – Conteúdo de minerais em pseudocereais. ....	209
<b>Tabela 36</b> – Conteúdo de vitaminas em pseudocereais.....	209
<b>Tabela 37</b> – Teores de fenólicos totais, flavonoides, FRAP, DPPH em pseudocereais e farinha de trigo.....	210
<b>Tabela 38</b> – Efeitos nutricionais do processamento de pseudocereais. ....	218

## LISTA DE QUADROS

---

<b>Quadro 1</b> – Frutos classificados de acordo com seu comportamento respiratório durante o armazenamento.....	18
<b>Quadro 2</b> – Exemplos de formulações de detergentes e suas respectivas aplicações na indústria de alimentos.....	43
<b>Quadro 3</b> – Exemplos de tubérculos, raízes e caules usados na alimentação humana.....	126
<b>Quadro 4</b> – Formas de utilização do milho no Brasil.....	178

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	xiv
1 QUÍMICA, BIOQUÍMICA E FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS .....	16
1.1 TECNOLOGIA PÓS-COLHEITA: UMA VISÃO GERAL .....	16
1.2 FATORES BIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA.....	16
1.2.1 Respiração .....	17
1.2.2 Produção de etileno .....	19
1.2.3 Alterações na composição de produtos hortícolas .....	20
1.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO.....	21
1.4 TRANSPIRAÇÃO OU PERDA DE ÁGUA .....	21
1.5 DESORDENS FISIOLÓGICAS .....	22
1.6 DANOS FÍSICOS .....	25
1.7 DESORDENS PATOLÓGICAS.....	26
1.8 FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM A DETERIORAÇÃO.....	27
1.8.1 Temperatura.....	27
1.8.2 Umidade relativa .....	28
1.8.3 Composição atmosférica .....	29
1.8.4 Etileno .....	29
1.8.5 Luz .....	30
1.8.6 Outros fatores.....	30
1.9 USO DE ATMOSFERA CONTROLADA (AC) E MODIFICADA (AM).....	30
REFERÊNCIAS.....	31
2 TECNOLOGIA DE FRUTAS.....	34
2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE FRUTAS.....	35
2.1.1 Colheita, transporte e recepção .....	37
2.1.2 Armazenamento e resfriamento pós-colheita .....	38
2.1.3 Seleção e classificação .....	40
2.1.4 Limpeza, lavagem, “desinfecção” e sanitização .....	41
2.1.5 Descascamento.....	46
2.2 TECNOLOGIA DE DOCES .....	47
2.2.1 Geleia de frutas .....	49
2.2.2 Fruta em calda .....	60
2.2.3 Frutas cristalizadas .....	64
2.2.4 Doce em pasta .....	67
2.3 TECNOLOGIA DE SUCOS E POLPAS .....	70
2.3.1 Processamento geral de sucos .....	73
2.3.1.1 <i>Processamento industrial de suco de laranja</i> .....	76
2.3.2 Processamento geral de polpas .....	81
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	83
REFERÊNCIAS.....	85
3 TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS .....	93
3.1 TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS EM CONSERVAS .....	95
3.2 TECNOLOGIA DE DERIVADOS DE HORTALIÇAS POR FERMENTAÇÃO LÁTICA .....	100
3.3 HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS.....	103
3.4 HORTALIÇAS DESIDRATADAS.....	110
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	114
REFERÊNCIAS.....	115
4 TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS.....	120
4.1 ONDE ESTÃO OS TUBÉRCULOS E RAÍZES NO CENÁRIO MUNDIAL .....	120
4.2 SOBERANIA ALIMENTAR .....	121
4.3 COMO SÃO DEFINIDOS E CLASSIFICADOS .....	125
4.4 TUBÉRCULOS AMILÁCEOS E NÃO AMILÁCEOS .....	128

4.4.1	Características dos amiláceos.....	128
4.4.1.1	<i>Mandioca</i> .....	128
4.4.1.2	<i>Batata</i> .....	129
4.4.1.3	<i>Batata doce</i> .....	130
4.4.1.4	<i>Taro</i> .....	131
4.4.1.5	<i>Cará (Inhame)</i> .....	132
4.5	TUBÉRCULOS AMAZÔNICOS.....	133
4.5.1	<i>Dioscorea trifida</i> .....	134
4.5.2	<i>Dioscorea chondrocarpa Griseb.</i> .....	135
4.6	TUBÉRCULOS NÃO AMILÁCEOS.....	136
4.6.1	<i>Bardana</i> .....	136
4.7	COMPOSIÇÃO DOS TUBÉRCULOS E RAÍZES.....	138
4.7.1	Teor de água.....	140
4.7.2	Carboidratos.....	140
4.7.3	Açúcares.....	141
4.7.4	Amido.....	141
4.7.5	Fibra alimentar.....	143
4.7.6	Proteínas.....	143
4.7.7	Lipídios.....	144
4.7.8	Minerais e Vitaminas.....	144
4.7.9	Antioxidantes.....	145
4.8	FATORES TÓXICOS.....	145
4.8.1	Glicoalcaloides:.....	145
4.8.2	Glicosídeo cianogênico.....	145
4.8.3	Cristais de oxalato solúveis e insolúveis.....	147
4.8.4	Acrilamida.....	147
4.9	PROCESSOS.....	148
4.9.1	Tubérculos minimamente processados.....	148
4.9.2	Processamento por redução da atividade da água.....	149
4.9.2	Produtos obtidos da industrialização da mandioca.....	151
4.9.2.1	<i>Biscoito de polvilho</i> .....	151
4.9.2.2	<i>Farinha de mandioca</i> .....	151
4.9.3	Outros produtos.....	153
4.10	EFEITOS DO PROCESSAMENTO NO VALOR NUTRITIVO.....	153
4.11	BIOFORTIFICAÇÃO.....	156
4.12	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	158
	REFERÊNCIAS.....	158
5	COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS.....	166
5.1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	167
5.1.1	Carboidratos.....	168
5.1.2	Proteínas.....	169
5.1.3	Lipídios.....	169
5.1.4	Vitaminas e minerais.....	170
5.2	PRINCIPAIS CEREAIS.....	170
5.2.1	Trigo.....	170
5.2.1.1	<i>Composição do trigo</i> .....	171
5.2.1.2	<i>Produção mundial e nacional</i> .....	172
5.2.1.3	<i>Mercado</i> .....	173
5.2.2	Milho.....	174
5.2.2.1	<i>Composição química</i> .....	175
5.2.2.2	<i>Produção mundial e nacional</i> .....	176
5.2.2.3	<i>Mercado</i> .....	177
5.2.3	Arroz.....	179
5.2.3.1	<i>Composição química do arroz</i> .....	179
5.2.3.2	<i>Produção mundial e nacional</i> .....	181
5.2.3.3	<i>Mercado</i> .....	182
5.2.4	Aveia.....	183
5.2.4.1	<i>Composição química da aveia</i> .....	184
5.2.4.2	<i>Produção mundial e nacional</i> .....	184

5.2.4.3 Mercado .....	185
5.2.5 Centeio .....	186
5.2.5.1 Composição química do centeio .....	186
5.2.5.2 Produção mundial e nacional .....	187
5.2.5.3 Mercado .....	187
5.2.6 Cevada .....	188
5.2.6.1 Composição química da cevada .....	188
5.2.6.2 Produção mundial e nacional .....	189
5.2.6.3 Mercado .....	190
5.2.7 Sorgo .....	191
5.2.7.1 Composição química do sorgo .....	191
5.2.7.2 Produção Mundial e Nacional .....	192
5.2.7.3 Mercado .....	193
REFERÊNCIAS .....	194
6 TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS .....	199
6.1 INTRODUÇÃO .....	199
6.2 CARACTERÍSTICAS DOS GRÃOS .....	203
6.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL .....	203
6.3.1 Grão inteiro .....	204
6.3.2 Carboidratos .....	204
6.3.3 Proteínas .....	205
6.3.4 Lipídios .....	207
6.3.5 Minerais e vitaminas .....	208
6.3.6 Antioxidantes e peptídios bioativos .....	210
6.3.8 Antinutrientes .....	210
6.4 PROCESSAMENTO E PRODUTOS DERIVADOS .....	211
6.5 EFEITOS DO PROCESSAMENTO NO VALOR NUTRITIVO .....	216
6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	220
REFERÊNCIAS .....	220
7 TECNOLOGIA DE CHÁS .....	227
7.1 INTRODUÇÃO .....	227
7.2 PLANTA DE CHÁ .....	233
7.3 PROCESSAMENTO DAS FOLHAS DE CHÁ .....	234
7.3.1 Chá Branco .....	238
7.3.2 Chá Verde .....	240
7.3.3 Chá Amarelo .....	243
7.3.4 Chá Oolong .....	244
7.3.5 Chá Preto .....	246
7.3.6 Chá Escuro .....	248
7.3.7 Chá Perfumado .....	249
7.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CHÁS .....	251
7.4.1 Antioxidantes dos chás .....	253
7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	256
REFERÊNCIAS .....	2567
SOBRE OS AUTORES .....	262

## APRESENTAÇÃO

---

No atual contexto nacional em que a educação pública (em especial o ensino superior) é impactada por importantes cortes orçamentários e a sociedade enfrenta as consequências da pandemia de COVID-19, esta obra foi organizada com o propósito de contribuir com a formação de estudantes de diferentes áreas que estudam a Tecnologia de Alimentos. Dessa forma, a distribuição gratuita deste material poderá auxiliar na redução de gastos associados à aquisição de materiais bibliográficos, sendo uma importante opção de referência para discentes e docentes.

O livro “Bioquímica e Tecnologia de Alimentos: Produtos de Origem Vegetal - volume 1” consiste no primeiro item de uma coletânea que também contemplará os produtos de origem animal no volume 2. Composto por sete capítulos, esta obra contempla as alterações químicas, bioquímicas e fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças, além da tecnologia de diferentes grupos de alimentos de origem vegetal, como as frutas, hortaliças, tubérculos, cereais e pseudocereais. A tecnologia da produção de chás e os seus compostos bioativos e efeitos funcionais também são abordados.

A organização dos capítulos deste volume se diferencia de vários outros livros de Tecnologia de Alimentos, por se pautar nos grupos de alimentos, contextualizando as etapas de pré-processamento, processamento, métodos de conservação, armazenamento e aspectos regulamentares. Além disso, ao longo dos capítulos, os(as) autores(as) buscaram contemplar de forma transversal a sustentabilidade nas dimensões econômica, social e ambiental. Assim, o conteúdo deste livro tem o potencial de: (i) auxiliar na redução de perdas e desperdícios ao longo de diferentes sistemas alimentares; (ii) fomentar o consumo de alimentos regionais, especialmente a partir das informações acerca da tecnologia de tubérculos e pseudocereais como substitutos às monoculturas de cereais e; (iii) otimizar a qualidade higiênico-sanitária, sensorial e nutricional na fabricação de produtos alimentícios derivados de vegetais.

Foi somente a partir da colaboração de docentes, pesquisadores e estudantes (graduandos e pós-graduandos) de diferentes instituições de ensino superior e pesquisa que esta obra pôde ser realizada. Desejo que esta leitura contribua com a compreensão da tecnologia e alterações químicas e bioquímicas envolvidas no processamento dos alimentos e desperte ideias para a concretização de ações necessárias à garantia da soberania e segurança alimentar e nutricional da população brasileira.

**Bruno Martins Dala-Paula, PhD**  
**Professor Adjunto da Faculdade de Nutrição, UNIFAL-MG**



**Autora:** Leonora Mansur Mattos

## **QUÍMICA, BIOQUÍMICA E FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

Frutas e hortaliças são organismos vivos que mantêm seu metabolismo mesmo após serem colhidos. Isso acarreta alterações em suas características, em sua maioria, indesejáveis. As mudanças na pós-colheita de frutas e hortaliças podem ser minimizadas a partir do emprego de técnicas de conservação e armazenamento adequadas, além do controle de fatores biológicos e ambientais envolvidos na deterioração pós-colheita.

Este capítulo convida ao leitor a aprofundar o seu conhecimento nas alterações pós-colheita, de modo a auxiliar na tomada de decisões sobre o adequado armazenamento e manipulação de vegetais e, assim, contribuir com a redução de perdas e desperdícios de alimentos ao longo dos diferentes sistemas alimentares.





## **1 QUÍMICA, BIOQUÍMICA E FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

Perdas qualitativas e quantitativas são verificadas na fase pós-colheita de frutas e hortaliças. A magnitude de tais perdas é extremamente variável, podendo ir de 5 a 50% dependendo do produto em questão e do local onde é produzido. Normalmente, perdas superiores são verificadas em países em desenvolvimento quando comparadas com países desenvolvidos e dependem do tipo de produto, cultivar e condições de manuseio.

Para reduzir essas perdas produtores e profissionais envolvidos no manuseio precisam, inicialmente, entender os fatores biológicos e ambientais envolvidos na deterioração. Adicionalmente, é necessário que conheçam e empreguem técnicas que atrasem a senescência e mantenham a melhor qualidade pós-colheita possível.

### **1.1 TECNOLOGIA PÓS-COLHEITA: UMA VISÃO GERAL**

Frutas, hortaliças e flores são organismos vivos que mantêm seu metabolismo mesmo após serem colhidos. Enquanto algumas mudanças são desejáveis, como é o caso da mudança da cor em tomates (de verde para vermelho) e de firmeza em abacates, a maioria das alterações verificadas é indesejável. As mudanças observadas na pós-colheita de produtos hortícolas não podem ser impedidas, mas podem ser atrasadas ou terem sua velocidade diminuída dentro de certos limites. A senescência é o estágio final no desenvolvimento de organismos vegetais, durante o qual uma série de eventos irreversíveis levam à deterioração e à morte dos tecidos vegetais.

Produtos hortícolas frescos são diversos na morfologia estrutural (raízes, caules, folhas, flores e frutos), em composição, e na fisiologia de maneira geral. Assim, os requerimentos e as exigências para a máxima vida pós-colheita variam bastante entre os diferentes produtos. Todos os produtos hortícolas frescos possuem elevado teor de água e são sujeitos à perda de água e à injúria mecânica. Eles também estão sujeitos ao ataque de micro-organismos como fungos e bactérias que ocasionam a deterioração fitopatológica.

### **1.2 FATORES BIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA**

A qualidade de frutas e hortaliças é almejada por todos os produtores, sendo este campo de grande interesse para muitos cientistas. Inúmeras pesquisas em diferentes áreas já foram realizadas e continuam sendo, a fim de aumentar a qualidade de produtos hortícolas, seja ela: sensorial, nutricional, microbiológica, econômica etc. No entanto, para

alcançar esses objetivos, alguns fatores biológicos intrínsecos aos vegetais necessitam ser controlados, a exemplo da taxa de respiração, produção de etileno, alterações na composição química e/ou nutricional.

### 1.2.1 Respiração

A respiração é um processo no qual materiais orgânicos armazenados (carboidratos, proteínas e gorduras) são metabolizados em produtos finais simples com liberação de energia. Oxigênio (O<sub>2</sub>) é usado neste processo e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é produzido.

A perda de reservas em produtos hortícolas armazenados durante o processo respiratório significa uma aceleração da senescência, uma vez que as reservas existentes para manter a vida do produto são exauridas; redução de valor do alimento (valor energético) para o consumidor; perda de sabor, especialmente doçura; e perda de matéria seca comercializável, a qual é especialmente importante para os produtos que são comercializados para desidratação. A energia liberada na forma de calor, conhecida como calor vital, afeta a adoção de tecnologias de pós-colheita, como estimativas e necessidades de refrigeração e ventilação.

A taxa de deterioração (perecibilidade) de produtos colhidos é geralmente proporcional à taxa de respiração. Produtos hortícolas são classificados de acordo com as taxas de respiração expressas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Produtos hortícolas classificados de acordo com as taxas de respiração.

Classe	Taxa respiratória a 5° C (mg CO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )	Produtos
Muito baixa	< 5	Tâmaras; frutos secos e hortaliças; nozes
Baixa	5 a 10	Maçã; frutos cítricos, alho; uva; kiwi; mamão papaia; cebola; caqui; abacate; romã; batata; abóbora; batata doce; melancia; melão
Moderada	10 a 20	Banana; mirtilo; repolho; melão cantaloupe; cereja; pepino; figo; alface (cabeça); nectarina; pera, pêssigo; ameixa; tomate
Alta	20 a 40	Abacate; cenoura (com folhas); couve-flor; alface (folha); morango; amora preta;
Muito alta	40 a 60	Brócolis; melão de São Caetano; maracujá; quiabo;
Extremamente alta	> 60	Aspargo; cogumelo; ervilha; espinafre; milho doce

Fonte: Autoria própria.

**Cap. 1–QUÍMICA, BIOQUÍMICA E FISIOLÓGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS**  
**Autora: LEONORA MANSUR MATTOS**

Baseando-se na respiração e nos padrões de produção de etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) durante a maturação e o amadurecimento, frutos são classificados como climatéricos ou não-climatéricos (Quadro 1). Frutos climatéricos mostram um aumento significativo na evolução de CO<sub>2</sub> e etileno, coincidente com o amadurecimento, enquanto frutos não-climatéricos não apresentam mudanças nas baixas taxas de evolução de CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> durante o amadurecimento.

**Quadro 1** – Frutos classificados de acordo com seu comportamento respiratório durante o armazenamento.

Frutos climatéricos		Frutos não climatéricos	
Maçã	Nectarina	Amora preta	Lichia
Abacate	Mamão papaia	Cacau	Quiabo
Banana	Maracujá	Caju	Carambola
Pêssego	Mirtilo	Oliva	Laranja
Pera	Caqui	Cereja	Ervilha
Banana da terra	Fruta-pão	Pepino	Abacaxi
Ameixa	Durian	Tâmara	Romã
Figo	Rambutã	Beinjela	Uva
Goiaba	Sapoti	Grapefruit	Morango
Kiwi	Manga	Limão	Tamarindo
Mangostim	Tomato	Melancia	Tangerina

Fonte: Autoria própria.

Qin Guo et al. (2014) avaliaram a respiração e a produção de etileno do tomate em resposta ao dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>). A aplicação de dióxido de cloro foi eficaz na redução da respiração total. Os autores verificaram que o tratamento com o produto reduziu a respiração da via do citocromo e a expressão de LeCOX1. O dióxido de cloro resultou em menor produção de etileno e na expressão de genes relacionados.

Os efeitos dos tratamentos pós-colheita de cálcio (Ca) na respiração e nos atributos de qualidade em limões 'Maglino', colhidos no estado verde-amarelo ou amarelo claro, foram investigados durante o armazenamento por até 60 dias por Tsantili et al. (2015). Os autores verificaram que em limões amarelo-claro, o tratamento com Ca promoveu a diminuição na produção de CO<sub>2</sub> pelo fruto e evitou diminuições nos valores dos ângulos de matiz no flavedo, mas não teve efeito na diminuição do consumo de O<sub>2</sub>.

### 1.2.2 Produção de etileno

Etileno ( $C_2H_4$ ), o composto orgânico mais simples que afeta os processos fisiológicos em plantas, é um produto natural do metabolismo das plantas, produzido por todos os tecidos de plantas superiores e por alguns micro-organismos. Como um hormônio vegetal, o etileno regula vários aspectos de crescimento, desenvolvimento e senescência, além de ser fisiologicamente ativo em quantidades traços (< que 0,01 ppm). Ele também desempenha papel central na abscisão de órgãos vegetais.

O aminoácido metionina é convertido em S-adenosilmetionina (SAM), o qual é o precursor do ácido carboxílico 1,1-aminociclopropano (ACC), o precursor imediato do etileno. A ACC sintase, que converte SAM em ACC, é o principal sítio de controle da biossíntese do etileno. A conversão de ACC em etileno é mediada pela enzima ACC oxidase. A síntese e as atividades de ACC sintase e ACC oxidase são influenciadas por fatores genéticos e condições ambientais, incluindo temperatura e concentrações de oxigênio e gás carbônico.

Produtos hortícolas são classificados de acordo com as taxas de produção de etileno (Tabela 2).

**Tabela 2** – Classificação de produtos hortícolas de acordo com a produção de etileno.

Classe	Faixa de produção a 20° C ( $\mu L C_2H_4 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ )	Produtos
Muito baixa	Menos de 0,1	Alcachofra; aspargo; couve-flor; cereja; frutos cítricos; uva; morango; romã; hortaliças folhosas; hortaliças de raiz; batata; a maioria das flores de corte
Baixa	0,1 – 1,0	Amora preta; mirtilo; pepino; berinjela; quiabo; azeitona; pimenta; pimentão. caqui; abacaxi; abóbora; melancia
Moderada	1,0 a 10,0	Banana; figo; goiaba; melão ( <i>honeydew</i> ); lichia; manga; banana da terra; tomate
Alta	10,0 a 100,0	Maçã; abacate; melão cantaloupe; kiwi (maduro); nectarina; mamão papaia; pêssego; pera; ameixa
Muito alta	Mais do que 100,0	Maracujá; sapoti

Fonte: Autoria própria.

Não há uma relação consistente entre a capacidade de produção de etileno de um dado produto e sua perecibilidade; entretanto, a exposição da maioria dos produtos ao etileno acelera sua senescência.

Geralmente, as taxas de produção de etileno aumentam com o processo de maturidade na colheita e com injúrias físicas, incidência de doenças, aumento de

temperatura até 30 °C e estresse hídrico. Por outro lado, as taxas de produção de etileno por produtos hortícolas frescos são reduzidas pelo armazenamento a baixa temperatura, por baixas concentrações de oxigênio (menores que 8%) e elevados níveis de CO<sub>2</sub> (mais de 2%) no ambiente onde está armazenado o produto.

Montalvo et al. (2007) avaliaram a aplicação de etileno exógeno em mangas 'Ataulfo' com tratamento de água quente após terem sido armazenadas por 4 dias a 13 ± 1 °C, e então transferidas para 25 ± 2 °C para amadurecimento. A aplicação de 1.000 µL.L<sup>-1</sup> de etileno por 12 h causou amadurecimento inadequado. Os melhores resultados foram observados com a aplicação de 100 µL.L<sup>-1</sup> de etileno por 12 h, o que estimulou a síntese de ACC e aumentou a atividade da ACC oxidase.

### **1.2.3 Alterações na composição de produtos hortícolas**

Várias mudanças em pigmentos ocorrem durante o desenvolvimento e a maturação dos produtos na planta; algumas podem continuar após a colheita e podem ser desejáveis ou indesejáveis:

- Perda de clorofila (cor verde) é desejável em frutos, mas indesejável na maioria das hortaliças;

- Desenvolvimento de carotenoides (cores amarela e vermelha) é desejável em frutos como ameixa, pêssegos e frutos cítricos. O desenvolvimento da cor vermelha em tomates e goiabas ocorre devido a um carotenoide específico (licopeno). Outro carotenoide importante é o betacaroteno, presente na polpa de manga e mamão e em raízes como a cenoura. O pigmento tem função de provitamina A, possuindo assim relevante importância nutricional;

- Desenvolvimento de antocianinas (cores: azul e vermelho) é desejável em frutos como maçãs (cultivares vermelhas), morangos, cerejas e alguns frutos cítricos com polpa avermelhada. Esses pigmentos hidrossolúveis são bem menos estáveis que os carotenoides;

- Mudanças em antocianinas e outros compostos fenólicos podem resultar no escurecimento do tecido, o que é indesejável na aparência. Por outro lado, esses constituintes contribuem com a atividade antioxidante total de um dado produto, a qual é benéfica para a saúde humana;

- Mudanças em carboidratos incluem a conversão de amido em açúcares (indesejáveis em batatas, desejáveis em maçãs, bananas e outros frutos), conversão de açúcares em amido (indesejável em ervilhas e milho doce; desejável em batatas); e a conversão de amido e açúcares em CO<sub>2</sub> e água durante a respiração. A degradação de

pectinas e outros polissacarídeos resultam no amolecimento dos frutos e um consequente aumento na suscetibilidade de injúrias mecânicas. O aumento no teor de ligninas é responsável pelo endurecimento de aspargos e hortaliças de raiz.

- Mudanças em ácidos orgânicos, proteínas, aminoácidos e lipídeos pode influenciar o sabor dos produtos hortícolas. Perdas no conteúdo de vitaminas, especialmente ácido ascórbico (vitamina C), é deletéria para a qualidade nutricional. A produção de compostos voláteis associados ao sabor durante o amadurecimento de frutos é muito importante para o ponto ideal de consumo.

Moretti et al. (2010) verificaram que o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera tem efeitos diretos na qualidade pós-colheita, causando malformação dos tubérculos, ocorrência de sarna comum e mudanças na redução do conteúdo de açúcares em batatas. Altas concentrações de ozônio atmosférico podem potencialmente causar redução no processo fotossintético, crescimento e acúmulo de biomassa.

Andreucetti et al. (2007) avaliaram a qualidade pós-colheita de tomates tipo italiano tratados com etileno. Tomates 'Andrea' foram colhidos em campos de produção comercial no estágio verde-maduro, selecionados para presença de danos externos e classificados quanto ao tamanho e cor e posteriormente foram tratados com 100  $\mu\text{L.L}^{-1}$  de etileno. Os autores observaram que a aplicação de etileno não influenciou de maneira significativa as variáveis químicas e físicas estudadas. Frutos armazenados à temperatura de 20 °C demonstraram maior porcentagem de perda de massa ao longo do amadurecimento, com média de 2,60%. A relação SST (°Brix)/ acidez apresentou pouca variação entre os tratamentos avaliados.

### **1.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO**

O brotamento de batatas, cebola, alho e outras raízes reduz seu valor comercial e acelera a deterioração desses produtos. O enraizamento de cebolas e outras raízes é também indesejável. Aspargos continuam a crescer após a colheita; o alongamento e a curvatura (se os caules são mantidos na horizontal) são acompanhados pelo aumento do conteúdo de fibra e reduzem a palatabilidade. Respostas geotrópicas similares ocorrem em gladiolos cortados e armazenados horizontalmente. A germinação de sementes dentro dos frutos como tomates, pimentões e limões também é uma mudança indesejável.

### **1.4 TRANSPIRAÇÃO OU PERDA DE ÁGUA**

Perda de água é a principal causa da deterioração porque resulta não somente em perda quantitativa direta (perda de peso comercial), mas também perdas na aparência

(enrugamento), textura (amolecimento, flacidez, crocância e suculência) e qualidade nutricional. O sistema dermal do produto (camadas protetivas externas) governam a regulação da perda de água. Ele inclui a cutícula, as células epidérmicas, o estômato, as lenticelas e os tricomas. A cutícula é composta de ceras superficiais, cutina embebida em cera, e uma camada de mistura de cutina, cera e polímeros de carboidratos. A espessura, estrutura e composição química da cutícula varia muito entre produtos e entre os diferentes estádios de desenvolvimento de um dado produto.

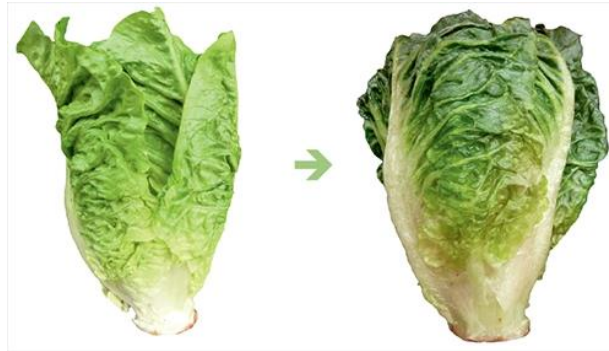
A taxa de transpiração (evaporação de água de um tecido vegetal) é influenciada por fatores internos do produto (características morfofisiológicas e anatômicas, razão entre a superfície e o volume do produto, injúrias na superfície e estágio de maturação) e por fatores externos ou ambientais (temperatura, umidade relativa, movimento do ar e pressão atmosférica). A transpiração é um processo físico que pode ser controlado pela aplicação de tratamentos ao produto (ceras e outras coberturas superficiais; embalagem com filmes plásticos) ou pela manipulação do ambiente (por exemplo, manutenção de alta umidade relativa e controle da circulação de ar).

## **1.5 DESORDENS FISIOLÓGICAS**

A exposição de produtos a temperaturas indesejáveis pode resultar em desordens fisiológicas:

- Injúria por congelamento ocorre quando os produtos são mantidos abaixo do seu ponto de congelamento. A ruptura causada pelo congelamento usualmente resulta no colapso imediato dos tecidos e perda total do produto (Figura 1)

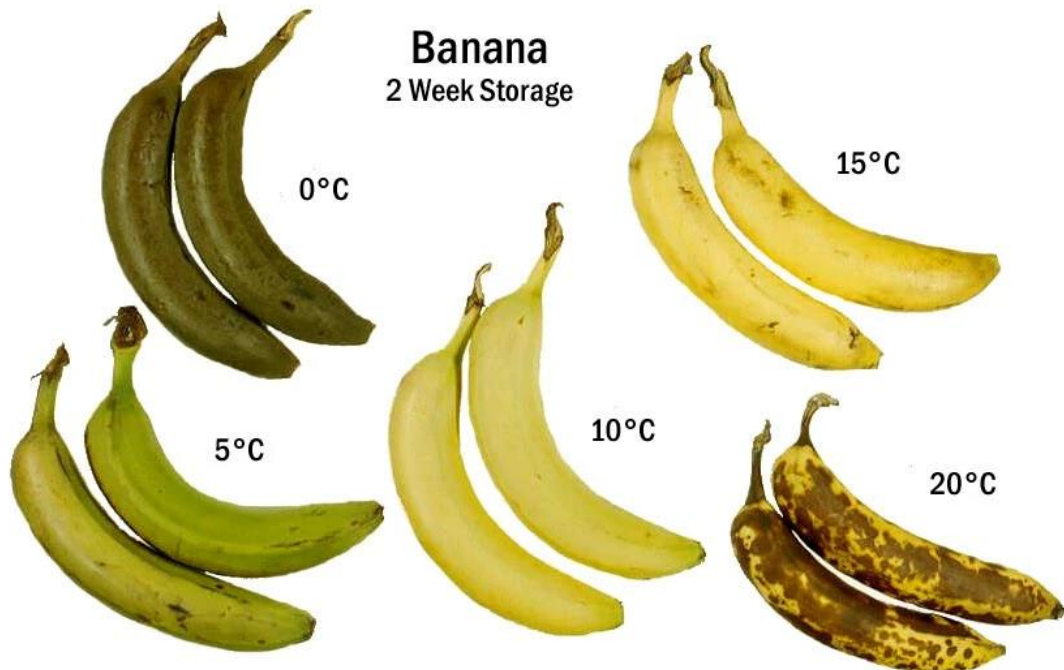
- Injúria pelo frio ocorre em alguns produtos (principalmente naqueles de origem tropical e subtropical) mantidos em temperaturas acima do seu ponto de congelamento e abaixo da faixa de 5 a 15 °C, dependendo do produto. Os sintomas de injúria pelo frio tornam-se perceptíveis quando o produto é transferido para temperaturas mais altas, que normalmente não causam o dano. Os sintomas mais comuns são o escurecimento superficial e interno, aparecimento de pontuações escuras (*pitting*), áreas similares a encharcamento, amadurecimento desuniforme ou falhas no processo de amadurecimento, desenvolvimento de sabor indesejável, e aceleração da incidência de fungos superficiais e doenças (especialmente de organismos que normalmente não são encontrados em tecidos saudáveis – Figura 2).



**Figura 1** – Sintomas de alterações provocadas pela injúria por congelamento.

Fonte: Postharvest management of vegetables. Disponível em:

<https://www.postharvest.net.au/postharvest-fundamentals/temperature/low-temperature-effects/>. Acesso em: 02 nov. 2021.



**Figura 2** – Sintomas de injúria pelo frio (CI) em bananas armazenadas ao longo de duas semanas sob diferentes temperaturas.

Fonte: Don Edwards. UC Davis. Disponível em:

[https://ucanr.edu/sites/Postharvest\\_Technology\\_Center\\_/files/222587.jpg](https://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/files/222587.jpg).

Yang et al. (2003) verificaram que entre três cultivares de melão Hami (*Cucumis melo* L. var. Inodorus Jacq.): Kalakusai, 8.601 e New Queen, houve diferenças claras na sensibilidade à injúria por frio (CI, do inglês: *Chilling injury*) durante o armazenamento a 22 e 1 °C. Após 10 semanas de armazenamento e 1 semana de vida em prateleira a 1 °C, o CI era alto na cv. Kalakusai. A 3 °C, 8.601 frutas desenvolveram CI após 7 semanas de armazenamento e 1 semana de vida de prateleira. A 5 °C, o CI foi observado em frutas



New Queen após 3 semanas de armazenamento e 1 semana de vida de prateleira. O armazenamento por 10 semanas a 3 °C, 7 semanas a 5 °C e 3 semanas a 7 °C resultou na menor incidência de podridão e na maior porcentagem de frutas comercializáveis para melões: Kalakusai, 8.601 e New Queen, respectivamente.

- Injúria por calor é induzida pela exposição direta à luz solar ou temperaturas excessivamente elevadas. Os sintomas incluem queimadura superficial ou escaldadura, amadurecimento desuniforme, amolecimento excessivo e dessecação. Honaas et al. (2019) relataram as respostas transcricionais da casca de maçã 'Granny Smith' durante as fases iniciais do armazenamento refrigerado de longo prazo em resposta ao aquecimento intermitente, uma estratégia que reduziu efetivamente a incidência de escaldadura. Os autores observaram duas classes temporalmente distintas de expressão gênica, que foram descobertas por análises de rede de co-expressão. Um perfil é amplamente concordante com a recuperação do estresse de frio, enquanto o outro revela mudanças transitórias marcadas por sinalização hormonal e maquinaria de transcrição e tradução. Ao todo, as análises apontam para novos aspectos da etiologia da escaldadura superficial e circunscreve uma lista de genes candidatos que podem ser úteis para descobrir processos moleculares que promovem, bem como mitigam, o distúrbio de casca. Em linhas gerais os autores concluíram que mudanças na atividade genética no início do armazenamento da maçã podem prever resultados de longo prazo. Adicionalmente, constataram que a análise envolve cerca de 1.000 genes em uma característica pós-colheita complexa.

Certos tipos de desordens fisiológicas têm origem a partir de desbalanços nutricionais existentes na pré-colheita dos produtos. Por exemplo, podridão estilar em tomates e pontuações amarronzadas em maçãs resultam da deficiência de cálcio. A elevação do teor de cálcio por meio de tratamentos pré ou pós-colheita pode reduzir a suscetibilidade à desordem fisiológica. O teor de cálcio também influencia a textura e a taxa de senescência de frutas e hortaliças; a elevação do conteúdo de cálcio tem sido associada com elevação da firmeza, redução da produção de CO<sub>2</sub> e etileno e diminuição da incidência de doenças.

De acordo com Taylor e Locascio (2004), a podridão da extremidade da flor (BER), ou podridão estilar, é um distúrbio fisiológico comum que ocorre no fruto do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Pimenta (*Capsicum annum* L.), Berinjela (*Solanum melongena* L.) e melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun e Nakai]. O BER pode ocorrer em todas as áreas produtoras de tomate do mundo e tem demonstrado criar perdas de até 50%. A BER está relacionada a muitos fatores, incluindo: alta salinidade, alta concentração de magnésio (Mg), amônio (NH<sub>4</sub>) e/ou potássio (K), desenvolvimento inadequado do tecido do xilema, taxa de crescimento acelerada, relações de umidade desfavoráveis (alta, baixa

ou flutuante), baixo teor de cálcio solúvel (Ca) no solo, alta temperatura e alta e baixa transpiração, mas a causa subjacente desse distúrbio é uma quantidade inadequada de Ca na extremidade estilar do fruto. Embora seja amplamente aceito que uma deficiência local de Ca desempenha um papel importante na indução de BER, também existem algumas alegações de que a deficiência de Ca não é a causa, pois um nível crítico de Ca para a indução de BER não foi encontrado. Para prevenir a ocorrência de BER, é necessária uma compreensão do Ca no solo, absorção e translocação de Ca e os fatores que afetam esses processos.

Baixas concentrações de O<sub>2</sub> (menor do que 1%) e altas de CO<sub>2</sub> (maior do que 20%) podem causar desordens fisiológicas na maioria dos produtos hortícolas, e o etileno pode induzir desordens fisiológicas em alguns produtos. A interação entre as concentrações de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e etileno, temperatura e duração de armazenamento, influencia a incidência e a severidade de desordens fisiológicas relacionadas à composição atmosférica.

## **1.6 DANOS FÍSICOS**

Vários tipos de dano físico (injúrias superficiais, dano por impacto e por vibração, dentre outros) contribuem significativamente para a deterioração. O escurecimento de tecidos danificados resulta da ruptura de membranas, a qual expõe compostos fenólicos às enzimas polifenoloxidasas. Injúrias mecânicas aceleram a perda de água, criam aberturas para infecção por fungos e estimulam a produção de CO<sub>2</sub> e etileno pelo produto.

Jiang et al. (2001) estudaram a condutividade elétrica em relação à porcentagem de frutas aparadas ou índices de danos preparados por meio da aparação manual de morangos e estimulando hematomas com um vibrador tridimensional. A condutividade foi associada com a porcentagem de frutos aparados (0 a 40%) ou índices de danos (1 a 5) de morangos, com coeficientes de correlação de 0,938 e 0,917 a  $p < 0,05$ , respectivamente. Além disso, os hematomas causados pelo vibrador tridimensional resultaram em aumentos na condutividade elétrica em resposta ao tempo de vibração e à força vibratória. A diminuição da condutividade elétrica de morangos tratados com vibrador durante 2 dias de armazenamento a 25 °C e 80% de umidade relativa pode ser devido à cicatrização da fruta. A condutividade elétrica apresentou potencial para avaliar quantitativamente os danos aos morangos durante o transporte e comercialização.

## **1.7 DESORDENS PATOLÓGICAS**

Um dos mais comuns e óbvios sintomas da deterioração resulta da atividade de bactérias e fungos. Ataques da maioria dos organismos ocorrem após injúria física ou desordens fisiológicas no produto. Em alguns poucos casos, patógenos infectam tecidos saudáveis e podem se tornar a causa primária da deterioração. Em geral, frutas e hortaliças exibem considerável resistência a patógenos potenciais durante a maior parte da sua vida pós-colheita.

O início do amadurecimento em frutos e a senescência em todos os produtos levam à maior suscetibilidade às infecções por patógenos. Estresses como injúrias mecânicas, dano pelo frio e escaldadura pelo sol diminuem a resistência a patógenos. Conway et al. (2002) estudaram tratamentos pré- e pós-colheita com cálcio na qualidade de maçãs. Segundo os pesquisadores, o cálcio, em quantidades adequadas, ajuda a manter a firmeza da maçã e diminui a incidência de distúrbios fisiológicos, como miolo mole, caroço amargo e colapso interno.

A deterioração pós-colheita também pode ser reduzida com o aumento do conteúdo de cálcio da maçã. O principal problema é colocar cálcio suficiente na fruta para ter os efeitos desejados. Tratamentos de solo com cálcio para aumentar a concentração de cálcio na fruta frequentemente têm tido muito pouco sucesso. A aplicação direta de cálcio na fruta é o método mais eficaz para aumentar o conteúdo de cálcio na fruta. Isso pode ser realizado por sprays pré-colheita ou imersão pós-colheita ou por infiltração de vácuo ou pressão. Embora o cálcio pulverizado nas maçãs da árvore possa aumentar o conteúdo de cálcio da fruta, o tratamento pós-colheita direto da fruta em soluções de cloreto de cálcio pode ser ainda mais eficaz.

A infiltração de pressão com soluções de cloreto de cálcio pode aumentar as concentrações de cálcio da maçã com mais eficácia do que a infiltração de vácuo, que é mais eficaz do que a imersão. Ambos os métodos de tratamento de cálcio pré e pós-colheita têm problemas inerentes. A absorção inadequada de cálcio é um problema em alguns casos, pois a fruta não recebe cálcio suficiente para ter um efeito positivo. Em outros casos, cálcio excessivo é levado para a fruta e resulta em lesões.

O desenvolvimento de um método comercialmente aceitável para aumentar com sucesso a concentração de cálcio na fruta é um desafio contínuo. Nesse ínterim, o manejo do pomar para otimizar a absorção de cálcio da fruta no ambiente de pré-colheita combinado com a aplicação de pós-colheita suplementar é a melhor estratégia para prevenir perdas devido ao baixo cálcio da fruta.

## 1.8 FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM A DETERIORAÇÃO

As características de produção de um vegetal devem ter estreita relação com os fatores pós-colheitas. Nesse sentido, os aspectos ambientais ou climáticos, como temperatura, umidade relativa, composição atmosférica, luz e os níveis de etileno no local de armazenamento, são extremamente relevantes para a garantia da qualidade dos produtos hortícolas.

### 1.8.1 Temperatura

É o fator ambiental que mais influencia as taxas de deterioração de produtos colhidos. Para cada aumento de 10° C acima da temperatura ótima, a taxa de deterioração aumenta de duas a três vezes (Tabela 3).

**Tabela 3** – Efeito da temperatura na taxa de deterioração de produtos não-sensíveis ao dano pelo frio.

Temperatura (°C)	Q <sub>10</sub> * presumido	Velocidade relativa de deterioração	Vida de prateleira relativa	Perda por dia (%)
0	-	1	100	1
10	3,0	3,0	33	3,0
20	2,5	7,5	13	8
30	2,0	15,0	7	14
40	1,5	22,5	4	25

Nota: \*Q<sub>10</sub> = taxa de deterioração a temperatura T + 10 °C/ taxa de deterioração a T.

Fonte: Autoria própria.

A exposição às temperaturas indesejáveis pode resultar em várias desordens fisiológicas, como mencionado acima. A temperatura também influencia os efeitos de etileno, oxigênio reduzido e CO<sub>2</sub> elevado. A germinação de esporos e a taxa de crescimento de patógenos também são grandemente influenciados pela temperatura; por exemplo, a redução de temperatura abaixo de 5 °C, imediatamente após a colheita, pode significativamente reduzir a podridão causada por *Rizopus*.

Xiaolin et al. (2012) estudaram os efeitos do oxalato sobre a incidência de podridão e amadurecimento em manga e seus efeitos fisiológicos na casca e polpa da manga foram investigados após a manga (*Mangifera indica* L.) ser mergulhada em diferentes soluções de oxalato por 10 min e armazenada a 25 °C. A aplicação de oxalato diminuiu a incidência de podridão e atrasou o amadurecimento da manga durante o armazenamento. O tratamento com oxalato de potássio resultou em aumento da atividade das peroxidases (POD) na casca e na polpa e polifenoloxidasas (PPO) na casca, sem ativação da atividade

da fenilalanina amônia-liase e elevado teor de fenólicos totais na casca. Os efeitos fisiológicos do oxalato em aumentar as atividades de POD e PPO e elevar o nível fenólico total podem estar envolvidos na resistência induzida da manga contra doenças pós-colheita. A aplicação de oxalato pode ser um método promissor para suprimir a deterioração pós-colheita e estender a vida útil das mangas.

### **1.8.2 Umidade relativa**

A taxa de perda de água de frutas e hortaliças depende da diferença de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera que o circula, a qual é influenciada pela temperatura e a umidade relativa. Numa dada temperatura e taxa de movimentação de ar, a taxa de perda de água do produto depende da umidade relativa. Em uma dada umidade relativa, a perda de água aumenta com o aumento de temperatura.

A qualidade física, conteúdo e atividade antioxidante e atividade antiproliferação do morango 'Jewel' que foram colhidos nos estágios de maturação de ponta branca e vermelha madura e armazenados em umidade relativa de 65 ou 95% (UR) a 3 e 10 °C por 12 d foram estudados por Shin et al. (2008). A qualidade geral e a firmeza dos frutos colhidos no estágio vermelho maduro diminuíram mais rapidamente do que no estágio de ponta branca e diminuíram mais rapidamente a 10 °C do que a 3 °C nos frutos de ambos os estágios de maturação. A UR não afetou a qualidade dos frutos em nenhum tratamento. A luminosidade ( $L^*$ ) e o ângulo de matiz diminuíram e as concentrações de antocianina aumentaram, mais rapidamente a 10 °C do que a 3 °C na fruta de ponta branca. O  $L^*$  dos frutos vermelhos maduros diminuiu no dia 3 e foi mantido durante o resto do tempo de armazenamento.

As concentrações iniciais de antocianina nas frutas vermelhas maduras eram cerca de cinco vezes maiores do que nas frutas de ponta branca e diminuíram durante o armazenamento. As concentrações totais de flavonoides e fenólicos e a atividade antioxidante total dos frutos colhidos no estágio de ponta branca foram maiores do que aqueles colhidos no estágio vermelho maduro. Essas diferenças foram mantidas durante o armazenamento, exceto para frutos vermelhos maduros, onde as concentrações e a atividade diminuíram rapidamente no dia 12 em frutos armazenados a 10 °C, especialmente a 95% UR. As concentrações totais de ácido ascórbico nas frutas de ponta branca foram menores do que nas frutas vermelhas maduras na colheita, mas aumentaram ligeiramente ao longo do tempo, enquanto aquelas nas frutas vermelhas maduras foram relativamente estáveis até diminuírem a 10 °C aos 12 dias. As alterações gerais da atividade antioxidante total foram semelhantes às das concentrações de flavonoides totais e fenólicos totais, mas não das concentrações de antocianina ou ácido ascórbico. A

qualidade dos frutos foi correlacionada com os atributos de firmeza e cor, bem como com as concentrações totais de flavonoides e fenólicos e com a atividade antioxidante.

### **1.8.3 Composição atmosférica**

Redução de O<sub>2</sub> e elevação de CO<sub>2</sub>, intencional (atmosfera controlada ou modificada) ou não intencional (ventilação restrita dentro de um container marítimo ou veículo de transporte) pode tanto atrasar como acelerar a deterioração de produtos hortícolas frescos. A magnitude desses efeitos depende do produto, cultivar, idade fisiológica, níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, temperatura e duração do armazenamento. Ortiz et al. (2019) estudaram o papel da película e do armazenamento de baixo oxigênio na qualidade de nozes. O descascamento causou a ruptura da película e acelerou o escurecimento do grão. A degradação do óleo de noz foi favorecida por danos à película ocorridos durante o descasque. A cor da noz 'Howard' se beneficiou de oxigênio igual ou inferior a 3kPa.

### **1.8.4 Etileno**

Uma vez que os efeitos do etileno em produtos hortícolas colhidos podem ser desejáveis ou indesejáveis, a concentração de etileno é de grande preocupação para todos os envolvidos na manipulação de produtos hortícolas. O etileno pode ser utilizado para promover um amadurecimento mais rápido e uniforme de frutos colhidos em estado pré-maduro ("de vez"). Por outro lado, exposição ao etileno pode ser deletéria para a qualidade de hortaliças (com exceção das de fruto) e de plantas ornamentais.

Li et al. (2018) estudaram mandarinas 'Afourer' armazenadas em ar contendo etileno a 0,001, 0,01, 0,1 e 1 µL.L<sup>-1</sup> a 20, 10, 5 e 0 °C. Os pesquisadores verificaram as alterações em uma faixa de parâmetros de qualidade externos e internos por até 10 semanas em armazenamento. Em todas as temperaturas de armazenamento, a redução da concentração de etileno no ambiente de armazenamento diminuiu a taxa de respiração, deterioração visível da região do cálice, acúmulo de etanol no suco, perda da qualidade alimentar e, em temperaturas de resfriamento, redução da corrosão da casca. Os atributos de qualidade que limitam a vida de armazenamento da tangerina diferiram entre as diferentes temperaturas de armazenamento, mas a retenção da qualidade da tangerina foi sempre otimizada mantendo a atmosfera de etileno mais baixa possível ao redor da fruta. Assim, o objetivo principal deve ser garantir que os níveis de etileno sejam ≤0,01 µL.L<sup>-1</sup>, já que a perda de qualidade foi acelerada acima desta concentração.

### **1.8.5 Luz**

A exposição de batatas à luz deve ser evitada porque resulta em esverdecimento devido à formação de clorofila e solanina (tóxica para seres humanos). Os esverdecimento induzido por luz de endívias belgas é também indesejável.

### **1.8.6 Outros fatores**

Vários tipos de produtos químicos (fungicidas, reguladores de crescimento etc.) podem ser aplicados ao produto para afetar um ou mais fatores de deterioração biológica.



#### ***Facilitando o entendimento***

Caso deseje aprofundar seus conhecimentos sobre o adequado manejo pós-colheita de hortifrutigranjeiros, não deixe de assistir ao vídeo: “*Training to improve postharvest management for fruits and vegetables horticultural crops*” publicado por Horticulture Innovation Lab em 2019 no link: [https://www.youtube.com/watch?v=GB-n178\\_SqQ](https://www.youtube.com/watch?v=GB-n178_SqQ).



## **1.9 USO DE ATMOSFERA CONTROLADA (AC) E MODIFICADA (AM)**

O uso de atmosfera controlada durante o transporte e o armazenamento de frutas e hortaliças frescas (comercializadas intactas ou levemente processadas) continua a expandir em função do aprimoramento dos equipamentos de geração de nitrogênio, bem como em instrumentos de monitoramento e manutenção das tensões de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. A atmosfera controlada é um suplemento útil na manutenção da temperatura e da umidade relativa ótima durante o transporte e o armazenamento de várias frutas e hortaliças. Ela permite o uso de transporte marinho ao invés do transporte aéreo de alguns produtos.

Vários refinamentos no armazenamento em AC têm sido realizados nos últimos anos para melhorar a manutenção da qualidade dos diferentes produtos. Isso inclui a produção de nitrogênio a partir da separação de ar comprimido usando sistemas com membranas; ambientes com baixa concentração de O<sub>2</sub> (1,0 a 1,5%); armazenamento sob AC com baixa concentração de etileno; AC rápida (rápido estabelecimento dos níveis de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>); e armazenamento programado (ou sequencial) de armazenamento sob AC (por exemplo, armazenamento em 1% O<sub>2</sub> por 2 a 6 semanas seguido por armazenamento em

2 a 3% de O<sub>2</sub> pelo tempo restante). Outros trabalhos de pesquisa que podem expandir o uso de atmosfera modificada (AM) durante o transporte e a distribuição incluem o uso de coberturas comestíveis ou filmes poliméricos com permeabilidade adequadas aos gases para criar a AM desejada ao redor e internamente ao produto. A AM é amplamente utilizada na comercialização de frutas e hortaliças minimamente processadas.

A utilização com sucesso da AM depende do produto, cultivar, grau de maturidade na colheita e o retorno positivo sobre o investimento (relação custo:benefício).

O uso comercial de armazenamento sob AC é amplamente utilizado para maçãs e peras em todo o mundo; em menor proporção em kiwis, caquis e abacates, romã, nozes e frutas e hortaliças frescas. O uso de AM durante o transporte de longa distância é usada em maçãs, aspargos, abacates, bananas, brocoli, figos, cerejas, mangas, melões, nectarinas, pêssegos, ameixas e morangos.

Os desenvolvimentos tecnológicos continuados no futuro para prover a AC durante o transporte e o armazenamento a um custo razoável são essenciais para se aumentar a aplicação da tecnologia em frutas e hortaliças frescas. McDonadl e Harmann (1982) estudaram o efeito de atmosferas contendo alto CO<sub>2</sub> e baixo O<sub>2</sub> na firmeza de kiwis (*Actinidia chinensis* Planch.) durante o armazenamento frio a 0 °C. Atmosferas contendo acima de 4% de CO<sub>2</sub> com 15–20% de O<sub>2</sub> causaram um retardo no amolecimento do kiwi. Este efeito aumentou à medida que o conteúdo de CO<sub>2</sub> da atmosfera aumentou de 4 para 10%, mas o CO<sub>2</sub> adicional acima de 10% não teve nenhum efeito adicional na firmeza do fruto. O baixo O<sub>2</sub> (2–3%) com 3–5% de CO<sub>2</sub> atrasou ainda mais a taxa de amolecimento do kiwi e aumentou a vida útil de armazenamento em 3–4 meses além da vida normal de armazenamento de ar. Embora o armazenamento em atmosfera controlada aumente a vida útil do kiwi, a magnitude do efeito varia de ano para ano. A contaminação da atmosfera de armazenamento em apenas 0,1 µL.L<sup>-1</sup> de etileno reduziu severamente a eficácia do armazenamento em atmosfera controlada em manter a firmeza do kiwi, mesmo a 0 °C.

## **REFERÊNCIAS**

ANDREUCCETTI, C.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L.; HONORIO, S. L. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Hortic. Bras.** [online]. v.25, n.1 p.122-126, 2007.

CONWAY, W.S., SAMS, C.E. & HICKEY, K.D. Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. **Acta Hortic.** v. 594, p.413-419, 2002.

HONAAS, L.A.; HARGARTEN, H.L.; FICKLIN, S.P.; HADISH, J.A.; WAFULA, E.; DePAMPHILIS, C.W.; MATTHEIS, J.P.; RUDELL, D.R. Co-expression networks provide



insights into molecular mechanisms of postharvest temperature modulation of apple fruit to reduce superficial scald, **Postharvest Biology and Technology**, v 149, p.27-41, 2019

JIANG, Y.; SHIINA, T.; NAKAMURA, N.; NAKAHARA, A. Electrical Conductivity Evaluation of Postharvest Strawberry Damage. **Journal of Food Science**, v. 66, p. 1392-1395, 2001.

LI, Y.; GOLDING, J.B.; ARCOT, J.; WILLS, R.B.H. Continuous exposure to ethylene in the storage environment adversely affects 'Afourer' mandarin fruit quality, **Food Chemistry**, v. 242, 2018.

MCDONALD, B.; HARMAN, J.E. Controlled-atmosphere storage of kiwifruit. I. Effect on fruit firmness and storage life. **Scientia Horticulturae**, v. 17, n. 2, p. 113-123, 1982.

MONTALVO, E.; GARCÍA, H.S.; TOVAR, B.; MATA, M. Application of exogenous ethylene on postharvest ripening of refrigerated 'Ataulfo' mangoes, **Food Science and Technology**, v. 40, n. 8, p. 1466-1472, 2007.

MORETTI, C.L.; MATTOS, L.M.; CALBO, A.G.; SARGENT, S.A. Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. **Food Research International**, v. 43, n. 7, 2010.

ORTIZ, C.M.; VICENTE, A.R.; FIELDS, R.P.; GRILO, F.; LABAVITCH, J.M.; DONIS-GONZALEZ, I.; CRISOSTO, C.H. Walnut (*Juglans regia* L.) kernel postharvest deterioration as affected by pellicle integrity, cultivar and oxygen concentration, **Postharvest Biology and Technology**, v. 156, 2019.

QIN, G.; BIN, W.; XINYUAN, P.; JIDE, W.; QINGPENG, L.; JING, J.; YIMING, H. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 9-14, 2014.

SHIN, Y.; RYU, J.; LIU, R.H.; NOCK, J.F.; WATKINS, C.B. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit, **Postharvest Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 201-209, 2008.

TAYLOR, M.D. & LOCASCIO, S.J. Blossom-End Rot: A Calcium Deficiency, **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n.1, p. 123-139, 2004.

TSANTILI, K.E.; KONSTANTINIDIS, P.; ATHANASOPOULOS; E.; PONTIKIS, C. Effects of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, p. 479-484, 2015.

YANG, B.; SHIPING, T.; HONGXIA, L.; JIE, Z.; JIANKANG, C.; YONGCAI, L.; WEIYI, Z. Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage, **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, n. 2, p. 229-232, 2003.

ZHENG, X.; YE, L.; JIANG, T.; JING, G.; LI, J. Limiting the deterioration of mango fruit during storage at room temperature by oxalate treatment, **Food Chemistry**, v. 130, n. 2, p. 279-285, 2012.



**Autores:** Bruno Martins Dala Paula, Bianca Sarzi de Souza & Brígida Monteiro Vilas Boas

## **TECNOLOGIA DE FRUTAS**

As frutas são alimentos preconizados por inúmeras instituições, agências e órgãos nacionais e internacionais como componentes de dietas adequadas e saudáveis, no entanto, elas também devem provir de sistemas alimentares justos, sustentáveis e seguros. Este capítulo apresenta as etapas envolvidas com o beneficiamento de frutas, contemplando a tecnologia de pré-processamento, processamento e acondicionamento de diferentes produtos derivados, como: geleias, doces em pastas, frutas em caldas, cristalizadas, sucos e polpas. A aplicação das tecnologias compartilhadas neste capítulo pode ser adaptada e realizada em ambiente domiciliar, pequenas e grandes unidades de fabricação de alimentos.



### 2 TECNOLOGIA DE FRUTAS

Segundo a FAO Statistical Yearbook, publicado em 2020, a produção mundial de culturas vegetais, representada por 76 diferentes tipos de cultura foi equivalente acerca de 9,1 bilhões de toneladas para o ano de 2018. Comparativamente com a produção referente ao ano de 2000, a produção mundial de vegetais foi um terço superior. Dentre os diferentes grupos de culturas que compõem esses dados, os cereais se destacam com 33% da produção total, seguido pelas culturas de açúcar com 24%, hortaliças com 12%, óleos com 11%, frutas com 10% e raízes e tubérculos com 9% e outras culturas com 1% (FAO, 2020a).

Em 2018 a produção mundial de frutas atingiu cerca de 0,96 bilhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por 40.047 mil toneladas, representando cerca de 4,61% da produção mundial. Esses dados demonstram a relevância e importante contribuição da agricultura brasileira para o comércio mundial de frutas (FAO, 2020a). Apesar da diversidade e vasta produção desses itens, considerados como componentes essenciais a uma alimentação saudável (BRASIL, 2014), apenas 13,0% da população brasileira relataram consumir a quantidade preconizada de frutas e hortaliças (incluindo sucos naturais), correspondente ao somatório de cinco porções dos dois grupos por dia (aproximadamente 400 g/dia) (IBGE, 2020). A última Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018 publicada demonstra que as frutas representam a cerca de 5,2% das despesas monetárias e não monetárias média mensal familiar por domicílio no Brasil (IBGE, 2020).

O contexto de consumo de frutas e hortaliças abaixo do preconizado pela FAO (2021) e em desacordo com o recomendado pelo Ministério da Saúde do Brasil, por meio do Guia Alimentar para a População Brasileira (BRASIL, 2014) se relaciona com diversos fatores, que podem ser resumidos pela influência do “ambiente alimentar”. O termo remete a um conjunto de dimensões, representada pelos ambientes físico: disponibilidade, qualidade e promoção; econômico: custos; político: políticas governamentais e sociocultural: normas e comportamento (COSTA et al., 2018). Apesar da pertinência da discussão, este assunto não será aprofundado neste capítulo.

As frutas são fontes de fibra alimentar, vitaminas, minerais e diferentes grupos de outros compostos bioativos, que conferem benefícios à saúde. Esses alimentos, em associação a uma dieta e hábitos de vida saudáveis podem contribuir com a redução de fatores de risco de doenças crônicas não transmissíveis, como a obesidade, diabetes, hipertensão arterial, doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer. Dessa forma, é recomendado introduzir a oferta de frutas (e também de hortaliças) a partir do sexto mês de vida do recém-nascido, como alimentação complementar ao aleitamento (FAO, 2021).

## **Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS**

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Apesar de todos os benefícios e recomendações para o consumo, a FAO estima que uma parcela de até 50% de frutas e hortaliças produzidas em países em desenvolvimento são perdidas ao longo da cadeia de produção entre a colheita e o consumo. Esta perda de alimentos poderia minimizar a situação de fome e insegurança alimentar e nutricional de muitas famílias, além de impactar diretamente o meio ambiente, uma vez que até 50 litros de água são necessários para se produzir uma laranja. Deste modo, o desperdício de alimentos está diretamente ligado com a escassez de fontes naturais de recursos, como solo e água (FAO, 2021).

O avanço contínuo da ciência de alimentos, em especial da tecnologia de alimentos, possibilita a redução do desperdício de alimentos. O conhecimento das alterações fisiológicas, bioquímicas e sensoriais ao longo do desenvolvimento e pós-colheita de frutas e hortaliças, assim como da aplicação de princípios de conservação a esses alimentos são essenciais para reverter esse quadro de desperdício. No entanto, não se pode atribuir unicamente à ciência, a solução para a redução das perdas de alimentos. Associada a ela, devem existir políticas públicas que promovam equidade social, favorecendo o acesso físico e econômico a esses alimentos, assim como políticas de educação em saúde e conscientização sobre boas práticas de produção de alimentos, consciência da sustentabilidade ambiental, social e econômica, dentre ações em outras áreas.

### **2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE FRUTAS**

As frutas são comumente utilizadas na produção de geleias, doces, polpas, sucos, bebidas alcoólicas, desidratados, entre outros produtos. O conhecimento das alterações ocorridas na pós-colheita de frutas é essencial à obtenção de seus produtos derivados com qualidade, além da aplicação das boas práticas durante todas as etapas. A determinação do grau de maturação, de forma adequada e precisa é vital para que o produto atinja o mercado ou a indústria, apresentando as condições desejadas. Essas condições são distintas a partir do produto que se deseja fabricar, das características ambientais do local de colheita e de comercialização, das características das frutas, como o tipo e vida útil média, dentre outras.

O ciclo vital de um fruto inclui crescimento, pré-maturação, maturação, amadurecimento e senescência, no entanto, quando o produto de interesse consiste em outros órgãos da planta, como flores, folhas, raízes, bulbos, tubérculos etc., os termos maturação e amadurecimento não podem ser considerados, pois são empregados exclusivamente para as frutas. Para tanto, aplica-se outros tempos, como maturidade fisiológica e maturidade comercial, em que o primeiro representa o final da fase de

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

crescimento e o último, podendo ser qualquer estágio de desenvolvimento, adequado aos consumidores para o consumo/utilização do produto (SCHMIDT et al., 2015). Muitas características dos vegetais são comumente utilizadas para determinar o seu índice de maturação, dentre elas:

- Dias entre a floração e colheita;
- Morfologia;
- Tamanho;
- Densidade;
- Forma;
- Firmeza;
- Cor externa;
- Cor e estrutura internas;
- Teor de componentes químicos (amido, açúcares, ácidos, açúcares/ácidos);
- Teor de suco, óleo etc.

A partir das características citadas é possível o emprego de diferentes metodologias/protocolo para a determinação do índice de maturação, como a utilização da estimativa, de cálculo de dados meteorológicos, informações visuais e o tato, até a realização de testes de firmeza/deformação, reflectância, refratômetro, testes químicos, extração e emprego de análises químicas sofisticadas, como a cromatografia a gás e outras.

Alguns dos parâmetros mencionados consistem na indicação direta de alterações do índice de maturação, como a coloração da casca (referente à degradação da clorofila e à síntese de novos pigmentos: carotenoides, antocianinas); firmeza da polpa (solubilização de substâncias pécticas que compõem as paredes celulares); crescimento da fruta (considerando que as frutas atingem o peso e o tamanho máximo antes do amadurecimento); teor de sólidos solúveis (SS) (devido à biossíntese e à degradação de polissacarídeos); acidez titulável (AT) e pH (devido a AT diminuir com a maturação e o pH aumentar); relação SS/AT (usado para citros, por exemplo), devido aos comportamentos mencionados dos açúcares e ácidos orgânicos; teste iodo-amido (indicado para maçãs, sendo os resultados relativos às áreas que não sofreram alteração da cor, após imersão da fruta cortada em solução de iodo). Como parâmetro de indicação indireta, tem se a contagem de dias após a plena floração da árvore, por exemplo.

Considerando que muitas etapas do pré-processamento de frutas e hortaliças são semelhantes entre si, os tópicos a seguir (2.1.1. a 2.1.5) fazem referências tanto para as frutas como hortaliças, de forma geral.

### 2.1.1 Colheita, transporte e recepção

A **colheita** é uma etapa importante para a manutenção da qualidade, sendo recomendada a sua realização no estágio de maturação adequado a cada tipo de produto. Recomenda-se a realização de análises/testes rápidos (pH, SS, acidez, SS/AT) no campo, a fim da obtenção de produtos com elevado padrão de qualidade. A realização da colheita deve ser realizada nas primeiras horas do dia, uma vez que a temperatura se encontra mais amena e os vegetais, ainda frescos. Essa simples atitude contribui com a redução da taxa de funções vitais dos vegetais, que poderiam acelerar a sua degradação.

Recomenda-se o emprego de alguma técnica de resfriamento pós-colheita, especialmente se a colheita tiver sido realizada durante um período mais quente do dia (técnicas apresentadas a seguir no item 2.1.2 deste capítulo). A eliminação de sujidades, assim como das partes que não são de interesse, como folhas, ou estejam contaminadas ou defeituosas pode ocorrer ainda no campo. O acondicionamento dos produtos colhidos deve ser realizado em caixas/cestos/recipientes de materiais apropriados, a fim de reduzir a ocorrência de injúrias mecânicas.

A Portaria Nº 326 de 30 de julho de 1997 publicada pela Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde e a Portaria Nº 368, de 4 de setembro do mesmo ano, publicado pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento aprovam o regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos elaboradores/industrializadores de alimentos. Ambas as portarias mencionam que as áreas de extração, cultivo e colheita devem ser ausentes de substâncias potencialmente nocivas que possam provocar a contaminação dos alimentos e seus derivados em níveis que representem risco para a saúde (BRASIL, 1997a; 1997b).

O **transporte** e o manuseio dos produtos devem ser realizados de modo a se evitar os choques mecânicos (responsáveis pela ocorrência de injúrias mecânicas) e elevação da temperatura. O transporte até o local de processamento deve ser realizado antes do início de qualquer tipo de alteração que possa comprometer as características de qualidade do produto. Considerando a elevada distância entre o local de colheita e planta de produção, recomenda-se a utilização de veículos refrigerados ou caminhões ventilados. As condições precárias das rodovias juntamente com a velocidade excessiva nos caminhões são importantes fatores que afetam as condições dos produtos perecíveis transportados (CHITARRA; CHITARRA, 2005). É importante a identificação do lote das frutas colhidas, com informações mínimas que permitam a sua rastreabilidade, como procedência e manejo de produção, colheita e data, para que seja possível a organização e processamento a partir destas informações.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Dentre as possibilidades de perdas durante o trânsito dos produtos hortícolas, Chitarra e Chitarra (2005) destacam:

- Embalagens impróprias aos produtos;
- Supercarregamento de frutas e hortaliças;
- Condução do veículo de forma irresponsável;
- Estradas danificadas;
- Acúmulo de calor e baixa ventilação no veículo;
- Ausência de refrigeração ou de isolantes nos veículos;
- Retardo na coleta do produto após a colheita ou nos centros de distribuição.

A **recepção** deve ocorrer em local externo à área de processamento, a fim de se evitar contaminação cruzada. A área deve ser pavimentada, com piso antiderrapante e de fácil higienização, em adequado estado de conservação e que permita a lavagem e escoamento da água. O ambiente deve possuir sistema de pesagem adequado à dimensão das cargas recebidas.

A recepção consiste na realização da pesagem, registro em formulário próprio, pré-seleção quanto ao aspecto de ponto de maturação e sanidade, removendo os impróprios para o consumo ou ao processamento destinado. As frutas na maturidade fisiológica podem ser reservadas a fim de completar o amadurecimento, dependendo do processamento.

### 2.1.2 Armazenamento e resfriamento pós-colheita

Após a colheita, a fruta é armazenada com o objetivo de minimizar a intensidade de seu processo vital, reduzir a ocorrência de ataques de patógenos/pragas, injúrias fisiológicas ou mecânicas e desidratação. Considerando que essa etapa é vital para a qualidade final do produto, recomenda-se atenção especial e investimento nos locais de depósito, assim como no emprego de métodos de conservação adequados à cultura específica. A temperatura, tempo de armazenamento, presença de odores, gás etileno e a realização de tratamentos pós-colheita interferem significativamente na vida útil de frutas, sendo determinantes para a perda desses alimentos.

Schmidt et al. (2015) reforçam algumas condições ideais ao armazenamento, como a manutenção de temperaturas ótimas, chamando a atenção de que alguns vegetais podem sofrer injúrias pelo frio (*chilling*), a exemplo da banana (Ver Cap. 1, item 1.5 Desordens fisiológicas); produtos como alho e cebola liberam odores fortes que podem ser absorvidos por melões e maçãs, recomendando desta forma, a separação destes alimentos; o gás etileno produzido por um produto pode afetar o avanço do amadurecimento de outro produto; e a aplicação de ceras nas superfícies de frutas podem

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

ser utilizadas para melhorar a aparência, reduzir trocas gasosas e a perda de água, aumentando a vida útil.

O resfriamento pós-colheita consiste em outra possível etapa do pré-processamento de frutas e hortaliças para a sua conservação e prolongamento da vida útil, uma vez que elevadas temperaturas afetam, por exemplo, a taxa respiratória, maturação, produção de etileno, além de outros voláteis; a perda de água e a aceleração do desenvolvimento e disseminação de micro-organismos.

Para o resfriamento pós-colheita podem ser utilizadas câmaras frias, cujo sistema de refrigeração seja o suficiente para reduzir as parcelas de energia térmica presentes nos vegetais após a sua colheita. Considerando a possível ocorrência da deterioração de frutas e hortaliças entre poucas horas em temperatura de 25 °C e alguns dias, quando armazenadas na faixa de 1 a 4 °C, o resfriamento deve acontecer relativamente rápido, a fim de garantir a qualidade do produto. Além da utilização de câmaras refrigeradas, outras técnicas podem ser aplicadas, tais como a instalação de ventiladores para proporcionar o resfriamento por ar forçado (quando ausente nas câmaras frias) e pelo uso de água fria, seja por imersão dos vegetais em tanques apropriados com ou sem agitação de água ou a partir de sistemas de aspersão.

As condições ótimas de resfriamento (tempo x temperatura) são diferentes a depender do tipo de vegetal, assim como de sua cultivar. Tangerinas podem ser conservadas entre 4 e 7 °C e 90-95% de UR, por 2 a 4 semanas; limas ácidas podem ser armazenadas entre 9 e 10 °C e 85-90% de UR durante 6 a 8 semanas; para laranjas, recomenda-se resfriamento entre 3 e 9 °C e 85-90% de UR com a possibilidade de armazenamento durante 3 a 8 semanas, a depender da cultivar, condições climáticas (SCHIMIDT et al., 2015). No entanto, algumas frutas quando mantidas em baixa temperatura podem apresentar escurecimento do tecido vascular. A banana, por exemplo, quando mantida abaixo de 12 °C pode apresentar escurecimento da casca. Outras condições específicas podem ser conferidas na Tabela 4.



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

**Tabela 4** – Condições de temperatura e umidade relativa e período de armazenamento comercial de algumas frutas.

Produto	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Período (semanas)
<b>Frutas</b>			
Abacate “West Indian”	12,8	85-90	2
“Guatemalan”	5,5-7,2	85-90	4
Abacaxi	7 a 13	85-90	2-4
Ameixa	-0,5 a 0	90-95	2-5
Banana “Cavendish” verde	12,8-14,4	85-90	3-4
“Cavendish” madura	12,8	85-90	1,5
“Plantain” verde	10,0	85-90	5
“Plantain” madura	7,2-10,0	85-90	1,5
Carambola	9 a 10	85-90	3-4
Caqui “Japanese”	-1	90	12-16
Goiaba	5 a 9	90	2-3
Maçã	-1 a 4	90-95	1-48
Manga “Carabao”	7,2-10,0	85-90	2,5-3,5
“Pico”	7,2-10,0	85-90	2,5
Mamão verde	10,0	85-90	3-4
maduro	8,3	85-90	2-3
Maracujá	7 a 10	85-90	3-5
Melancia	10 a 15	90	2-3
Melão “Cantaloupe”	0 a 2	90	1-2
“Honeydew”	7	90-95	3
Nectarina	-0,5 a 0	90-95	3
Pêssego	-0,5 a 0	90-95	2-4
Pêra	-1,5 a -0,5	90-95	8-28
Uva	-1 a -0,5	90-95	4-24

Fonte: Chitarra e Chitarra (2005).

### 2.1.3 Seleção e classificação


A etapa de seleção pode ser realizada a partir de diferentes critérios, tais como qualidade, defeitos e tamanho, sendo importante pois alguns equipamentos são projetados para o processamento de frutas e hortaliças com tamanhos específicos. A qualidade como critério de seleção, por sua vez, pode ser mais importante na produção de compotas, por exemplo, uma vez que o consumidor avalia o aspecto visual, preferindo aquelas com frutos mais atraentes. O mesmo não acontece com as geleias, em que as frutas serão homogeneizadas, podendo dispensar o aspecto da aparência para a seleção de suas matérias-primas.

A etapa da seleção pode ser realizada em esteiras, seguida de seleção manual, ou ainda, em mesas de aço inoxidável. A classificação também depende dos critérios adotados, como tamanho, peso, forma e grau de maturação. Esta etapa tem como função otimizar a uniformidade e o aspecto da matéria-prima, além de prepará-la para a operação

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS


posterior. Pode-se utilizar métodos manuais, por tamanho pelo uso de peneiras e peso por meio de flutuadores ou balanças (NESPOLO et al., 2015).



### Facilitando o entendimento

Para facilitar a visualização das etapas do pré-processamento de frutas, não deixe de assistir ao vídeo intitulado: “Pré-processamento da fruta goiaba”, publicado pelo IF Baiano Campus Senhor do Bonfim em 2021, disponível no link:

[https://www.youtube.com/watch?v=V3w\\_VPRcenw](https://www.youtube.com/watch?v=V3w_VPRcenw)



### 2.1.4 Limpeza, lavagem, “desinfecção” e sanitização

Estas etapas são empregadas não somente em frutas e hortaliças, mas também aos equipamentos, utensílios, contenedores e instalações físicas da indústria de alimentos.

O termo **higienização** corresponde à eliminação de agentes patogênicos, mediante ao uso de práticas adequadas de **limpeza** (remoção de sujidades, tais como poeira e gordura, podendo ocorrer a seco ou pela aplicação de água, neste caso, sendo também denominada de **lavagem**) e por **desinfecção**, operação que reduz, por método físico e ou agente químico, o número de micro-organismos em nível que não comprometa a qualidade higiênico-sanitária do alimento, das instalações, equipamentos e utensílios (BRASIL, 1997; 2004).

A literatura científica e as diferentes resoluções brasileiras da área de alimentos apresentam contradições acerca da definição dos termos “desinfecção” e “**sanitização**”. As Portarias nº 326/1997, 368/1997 e a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 216, de 15 de setembro de 2004 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, Ministério da Saúde - MS) apresentam apenas a definição de desinfecção. As duas portarias referem a desinfecção em prédio, instalações, maquinaria e utensílios (excluindo os alimentos), enquanto a RDC, em alimentos. Deste ponto de vista, o termo poderia ser empregado tanto para equipamentos, superfícies inanimadas e alimentos (BRASIL, 1997a, 1997b, 2004).

No entanto, a RDC nº 14, de 28 de fevereiro de 2007, publicada pela ANVISA/MS que aprova regulamento técnico para produtos com ação antimicrobiana apresenta os termos “desinfectante” e “sanitizante”, com definições distintas, ressaltando as diferenças

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

entre ambos os processos. Segundo esta RDC um desinfetante “é um produto que mata todos os micro-organismos patogênicos, mas não necessariamente todas as formas esporuladas em objetos e superfícies inanimadas”. Em seguida um sanitizante é definido como “agente/produto que reduz o número de bactérias a níveis seguros de acordo com as normas de saúde” (BRASIL, 2007). De acordo as definições apresentadas pela RDC 14/2007, muitos autores consideram que a higienização de alimentos compreende as etapas de lavagem e sanitização (MENDONÇA; BORGES, 2012; ASSIS, 2017), sendo esse entendimento adotado neste capítulo.

Considerando a limpeza das indústrias de alimentos, seus equipamentos, utensílios e contenedores, diferentes tipos de detergentes podem ser utilizados, a partir das características da sujidade que se deseja remover. Os ingredientes ativos dos detergentes podem ser:

- **Ácidos:** incluem ácidos orgânicos e inorgânicos, sendo os ácidos inorgânicos mais comuns, o fosfórico, nítrico, sulfâmico, ácido sulfato de sódio e hidrolórico. Os orgânicos compreendem o ácido hidroacético, cítrico e glucônico. Removem os materiais secos ou incrustados nas superfícies, além de dissolverem depósitos minerais. Esse tipo de detergente é menos eficaz que os alcalinos na remoção de gorduras e proteínas;
- **Alcalinos:** removem sujidades orgânicas, como gorduras, açúcares e proteínas. Alguns desses agentes são considerados alcalinos suaves (ex.: bicarbonato de sódio), que são ideais para limpeza manual de áreas pouco sujas. Outros definidos como alcalinos moderados (ex.: sais fosfatos, silicatos ou carbonatos de sódio, potássio ou amônio), sendo empregados na remoção de gorduras. Os últimos são os agentes altamente alcalinos (ex.: hidróxido de sódio), que devem ser utilizados na remoção de sujidades encrostadas ou queimadas;
- **Condicionadores de água:** usados para evitar acúmulo de depósitos minerais provenientes de água dura etc. Agem como sequestrantes ou agentes quelantes, formando complexos solúveis com cálcio e magnésio. Como exemplo, podem ser citados tripolifosfato de sódio, pirofosfato tetra-potássio, organofosfatos e polieletrólitos. Os agentes quelantes incluem gluconato de sódio e ácido etileno diamina tetracético (EDTA) (SCHMIDT, 2018);
- **Solventes:** são soluções de éter ou álcool utilizadas para remover sujidades advindas de produtos à base de petróleo. O uso desse tipo de solução deve ser controlado nas indústrias alimentícias. Enquanto os detergentes alcalinos são utilizados para remoção de sujidades orgânicas, os solventes são utilizados em áreas de manutenção de equipamentos (LIMA, 2016).

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Segundo o Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT), os detergentes para utilização nas indústrias de alimentos apresentam formulações, contendo geralmente um álcali, com função de dissolver a gordura; um tensoativo que facilita a penetração da água e o enxague; e um sequestrante, que reduz a dureza da água. Algumas formulações podem ser conferidas no Quadro 2.

**Quadro 2** – Exemplos de formulações de detergentes e suas respectivas aplicações na indústria de alimentos.

Agentes químicos	Concentração (%)
Detergente para higienização das mãos	
Dodecilbenzeno sulfonado de sódio (LAS) 40%	10
Tensoativo não iônico	4
Tripolifosfato de sódio	25
Metassilicato de sódio	10
Bórax ou sulfato de sódio	51
Detergente para higienização de garrafas	
Hidróxido de sódio	68
Fosfato de trissódio	4
Carbonato de sódio	14
Pirofosfato tetrassódico	8
Metassilicato de sódio	6
Detergente para limpeza CIP ( <i>Cleaning in place</i> )	
Gluconolato de sódio	5
Hidróxido de sódio	95
Detergente para higienização de tubulações ao aço inoxidável	
Tensoativo não iônico	3
Tripolifosfato de sódio	25
Metassilicato de sódio	10
Carbonato de sódio	30
Sulfato de sódio	32
Detergente para remoção de minerais	
Tensoativo não iônico	0,3
Ácido fosfórico	31
Água	68,7

Fonte: Germano; Germano, (2003); Jaculi, (2009); Lima, (2016).

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Para a lavagem de frutas e hortaliças, a utilização de detergente tensoativos são aconselháveis devido às suas propriedades de alterar a tensão superficial em interfaces líquido-líquido, líquido-gás e sólido-líquido. Esses detergentes reduzem a tensão superficial, emulsificando, removendo camada cerosa dos frutos e facilitando a penetrabilidade da água clorada nos interstícios das cascas (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2020). Além do detergente, a utilização de escovas macias ou esponjas e posterior enxague são necessários. A etapa de limpeza das frutas e hortaliças que chegam na indústria é de fundamental importância ao considerar que esses produtos podem ser recebidos com bastante sujidade e em condições higiênicas impróprias ao processamento. Além disso, a separação e remoção de contaminantes, como resíduos de pesticidas, insetos, organismos de diferentes naturezas aderidos à superfície do produto e redução da carga de micro-organismos pode limitar a recontaminação em etapas posteriores (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Diferentes técnicas de limpeza e lavagem podem ser empregadas, a depender das características do produto de interesse e dos fatores econômicos da indústria de processamento. Sendo assim, pode-se optar pela imersão, imersão com agitação, jatos de água, aproveitamento da água utilizada na seleção por diferença de densidade, peneiração.

A imersão geralmente é utilizada como tratamento preliminar pois não consiste em um método efetivo para remoção de sujidades, sendo empregado para facilitar a eliminação de sujeiras mais grosseiras, além de proporcionar o amolecimento da terra aderida aos vegetais. Os tanques utilizados para este propósito devem possuir uma saída ao fundo para eliminação de material mais pesado e na superfície para os materiais que flutuam, evitando arraste com o produto limpo. A agitação em água pode ser realizada por meios mecânicos (hélices, pás, tambores rotativos) ou por ar comprimido, indicado para frutas mais delicadas. Na aspersão, o vegetal é exposto a jatos de água, sendo comum a utilização de equipamentos formados por esteiras ou tambores. Algumas variáveis interferem na eficiência deste método de limpeza, como a pressão dos jatos de água, distância do produto à origem da aspersão, tempo de exposição ao jato e números de jatos, além do volume e temperatura da água utilizada. Diferentes processos também podem ser combinados e utilizados para otimizar a limpeza (RODRIGUES; FERRI, 2012).

Para a realização da lavagem é imprescindível a utilização de água potável. É importante destacar que alguns produtos têm sua vida útil reduzida após o seu umedecimento, sendo o caso dos morangos, uvas e outros tipos de bagas. A cebola e a batata não devem ser lavadas, caso sejam armazenadas, sendo nestes casos, realizada a limpeza a seco, porém, antes do processamento devem ser lavadas. As frutas mais

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

macias são geralmente lavadas sobre correias transportadoras, com aspersão de água sobre elas. Já as frutas mais rígidas podem ser lavadas em dispositivos rotativos ou em condutos de água. As raízes são tipicamente limpas em escovadores, formados por escovas cilíndricas rotativas (MENDONÇA; BORGES, 2012).

Com respeito a etapa de sanitização, componente do processo de higienização, ela é muito eficiente com o emprego de cloro. O ácido hipocloroso (HClO) é a forma ativa como germicida produzido pela reação do cloro com a água. Como o ácido hipocloroso formado é um ácido fraco, sua tendência à dissociação leva a formação de íon hipoclorito. Este ácido tem facilidade de penetração na membrana celular, sendo responsável pela inativação de enzimas por reação de oxidação com o grupo sulfidril, demonstrando efeito bactericida mais potente que o íon hipoclorito. De modo geral, os sanitizantes clorados inibem enzimas celulares envolvidas no metabolismo da glicose, apresentando efeito letal no DNA e oxidação de proteínas celulares (SCHMIDT, 2018). O pH e a temperatura da água são fatores interrelacionados que afetam a eficiência da cloração. Valor de pH próximo a 6 gera aproximadamente 90% de cloro residual na forma de ácido hipocloroso, enquanto em pH 9, praticamente todo o cloro está na forma de íon hipoclorito (MENDONÇA; BORGES, 2012).

A quantidade de cloro a ser utilizada pode variar de acordo com o grau de sujidade e o número inicial de micro-organismos da matéria-prima. De modo geral, preconiza-se que a água de lavagem contenha em média, de 50 a 100 ppm de cloro residual livre (RODRIGUES; FERRI, 2012), enquanto outros autores preconizam até 200 ppm de cloro residual livre (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MENDONÇA; BORGES, 2012) durante um período de 10 a 15 minutos. Segundo Rodrigues e Ferri (2012), o mais importante é garantir que ao final da sanitização, a água contenha teor de 5 mg/L de cloro residual livre, por garantir composto ativo livre e não combinado com a matéria orgânica. Os termos “cloro ativo ou livre” descrevem a quantidade de cloro, na forma de ácido hipocloroso, disponível para reações oxidativas e sanitização. A principal desvantagem de compostos clorados está relacionada a sua ação corrosiva em superfícies metálicas, especialmente em elevadas temperaturas. Além disso, pode causar irritação na pele e danos em membranas mucosas (SCHMIDT, 2018)

A Resolução RDC ANVISA nº 352, de 23 de dezembro de 2002 recomenda que após a sanitização (originalmente a referida RDC utiliza o termo desinfecção) com o agente sanitizante nas concentrações recomendadas é necessário realizar um enxague dos produtos com água potável, contendo cloro residual entre 0,5 e 2,0 ppm (BRASIL, 2002).

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Outros agentes sanitizante que podem ser aplicados na indústria de alimentos para sanitização são:

- derivados clorados orgânicos, como o dicloro-s-triazinatriona de sódio (dicloroisocianurato de sódio) com potencial antimicrobiano na faixa de pH de 6 a 10;
- ácido peracético ( $\text{CH}_3\text{-COOOH}$ ), com eficiência semelhante ou superior ao hipoclorito de sódio uma vez que continua efetivo na presença de material orgânico;
- dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ) com poder oxidante forte (cerca de 2,5 vezes a capacidade oxidante do cloro), ampla eficácia biocida, inclusive para esporos, mas é instável, podendo ser explosivo quando em elevadas concentrações;
- ozônio ( $\text{O}_3$ ), sendo bastante instável, mas quando aplicado em alimentos não deixa resíduos por se decompor rapidamente (MENDONÇA; BORGES, 2012);
- iodofóros, levemente corrosivos, não irritantes a pele, efetivos em meio ácido, mas não em meio alcalino. Sua ação pode ser moderadamente afetada pela presença de material orgânico, com leve influência pela água dura e moderada atividade antimicrobiana. Apresenta elevado custo, sendo incompatível com detergentes alcalinos fortes. O nível máximo permitido pelo FDA sem enxague é de 25 ppm;
- compostos quaternários de amônio, sendo não corrosivos ou irritantes à pele, efetivos em pH neutro e alcalinos, com menor efetividade em pH ácido. São afetados pela dureza da água e moderadamente pela presença de matéria orgânica e pela temperatura da água. O nível máximo permitido pelo FDA sem enxague é de 200 ppm (SCHMIDT, 2018).

### 2.1.5 Descascamento

Esta etapa tem por objetivo remover a parte mais externa dos vegetais, podendo ser empregado diferentes tipos de técnicas, a saber: (i) manual; (ii) com água quente ou vapor; (iii) mecânica; (iv) por lixiviação.

- (i) Manual: realizada por meio de facas (sendo recomendadas aquelas de aço inoxidável). A técnica requer tempo, sendo necessário elevado número de colaboradores destinados à tarefa, podendo gerar perdas de polpa e falta de uniformidade;
- (ii) Com água quente ou vapor: emprega-se a imersão em água quente ou tratamento com vapor por 30 a 60 segundos, seguido de resfriamento por

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

imersão em água fria ou por aspersão, sendo a casca removida facilmente de forma manual após este processo (empregado para pêssegos e tomate);

- (iii) Descascamento por chama: a matéria-prima é exposta diretamente a uma chama com temperatura próxima a 540 °C, que carboniza a superfície externa, em seguida, passa por um lavador rotatório com aspersão de água, removendo e eliminando a casca carbonizada (empregado para cebolas);
- (iv) Mecânico: Faz uso de equipamentos que realizam o descascamento por abrasão, por meio de rolos giratórios, com velocidade controlada, que retiram a casca dos vegetais;
- (v) Por lixiviação: realizada por tratamento alcalino, utilizando solução de hidróxido de sódio (0,5 a 3,0%) a quente (80 a 90 °C) durante tempo de exposição entre 1 e 2 minutos. O tecido imediatamente abaixo da casca é desintegrado e ela é removida (utilizado para pelagem em pêssego, pera, figo, mandioquinha, tomate etc.).

De modo geral, as etapas apresentadas do pré-processamento de frutas e hortaliças são aplicáveis aos diferentes tipos de processamento. É importante reforçar que cada derivado de fruta e hortaliça possui suas particularidades, o que pode alterar as condições de realização de uma determinada etapa do pré-processamento.

A seguir, serão abordadas diferentes técnicas de processamentos de frutas.

### 2.2 TECNOLOGIA DE DOCES

As frutas são fontes de nutrientes para o organismo humano, além de apresentarem sabor agradável. No entanto, as frutas são alimentos perecíveis, apresentando curta vida de prateleira.

O processamento das frutas é uma maneira de manter a sua qualidade, sendo a elaboração de doces, uma das formas empregadas para a sua conservação. A adição de açúcar diminui a atividade de água e aumenta a pressão osmótica, criando uma condição desfavorável para o desenvolvimento de micro-organismos e para que as reações indesejáveis ocorram. Além disso, a associação do calor no processo, atua no controle dos micro-organismos e na conservação.

A fabricação de doces de frutas pelas pequenas agroindústrias, além de atender as necessidades do mercado, atua na promoção agrícola, pois agrega valor, proporciona o aproveitamento dos excedentes de safra e, conseqüentemente, promove a redução de perdas pós-colheita, do desperdício e a oferta do produto durante o ano todo. Para a



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

elaboração de doces, pode-se ainda aproveitar as frutas que não apresentaram padrão para comercialização *in natura*.

A produção de doces de frutas artesanalmente tem sido um atrativo para os consumidores por apresentarem boa qualidade sensorial e geralmente não empregam conservantes. Os doces artesanais são produtos tradicionais em cidades turísticas e interioranas, sendo uma marca ou característica do local, contribuindo com a geração de renda. Podem ser encontrados em feiras livres, padarias, docerias e empórios, entre outros.

Os doces são produtos elaborados, em sua maioria, artesanalmente, e podem ser processados com diferentes matérias-primas, de acordo com a regionalidade, com destaque para as combinações de frutas, para atender as exigências e tendências do mercado consumidor. Os doces podem ser destinados ao consumo direto e também usados na fabricação de produtos de panificação e confeitaria.

A legislação vigente define produtos de frutas como os elaborados a partir de fruta(s), inteira(s) ou em parte(s) e ou semente(s), obtidos por secagem e ou desidratação e ou laminação e ou cocção e ou fermentação e ou concentração e ou congelamento e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Podem ser apresentados com ou sem líquido de cobertura e adicionados de açúcar, sal, tempero, especiaria e ou outro ingrediente desde que não descaracterize o produto. Podem ser recobertos (BRASIL, 2005). É uma definição que usa o termo “produtos de frutas”, incluindo geleias, frutas em calda, doce em massa, fruta cristalizada, entre outros produtos.

Ainda a Instrução Normativa (IN) nº 60, de 23 de dezembro de 2019, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece os padrões microbiológicos para frutas e derivados (doces em pasta ou massa e similares, incluindo geleias e doces em calda) referentes a *Salmonella*, enterobacteriaceae, bolores e leveduras (BRASIL, 2019).

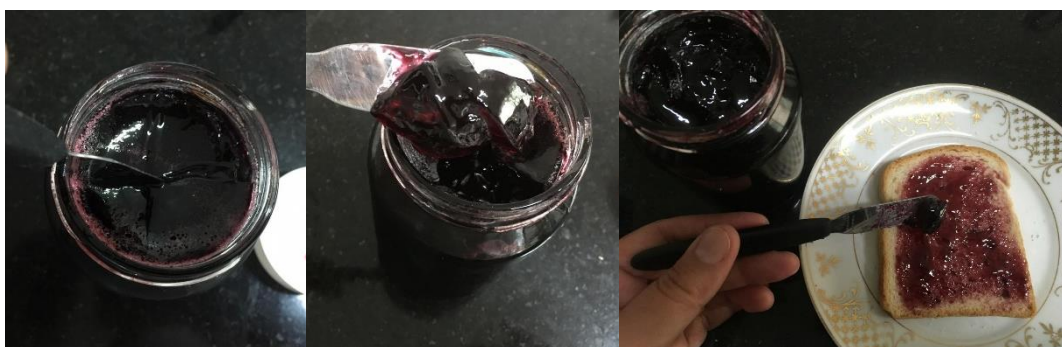
As instalações para a agroindustrialização artesanal de frutas devem atender à legislação sanitária vigente e ser adequadas ao processamento de doces. O sucesso na obtenção desses produtos depende da realização criteriosa de cada etapa do fluxograma de processamento e das boas práticas de fabricação.

A seguir serão abordados os processamentos de doces de frutas e suas características.

### 2.2.1 Geleia de frutas

Geleia é o produto obtido a partir da cocção de frutas inteiras, em pedaços, polpa ou suco de frutas com quantidades adequadas de açúcar, pectina e ácido para que ocorra o processo de geleificação durante o resfriamento.

A geleia de boa qualidade tecnológica deve-se conservar sem sofrer alterações durante o armazenamento. A geleia não deve ser açucarada, pegajosa ou viscosa, devendo preservar o sabor da fruta. Quando retirada do pote de vidro, a geleia deve tremer sem escorrer. A geleia deve ser macia ao corte e apresentar espalhabilidade, como pode ser observado na geleia de jaboticaba (Figura 3).



**Figura 3** – Atributos de consistência e espalhabilidade da geleia de jaboticaba.

Fonte: Autoria própria.

As geleias artesanais e regionais têm grande apelo de sofisticação e vêm conquistando cada vez mais o mercado. Os consumidores buscam por produtos diversificados que apresentem boas propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais. A mistura de frutas e sabores na elaboração de geleias é uma inovação do setor, com a oferta de um novo produto, que proporciona agregação de valor e características sensoriais diferenciadas e agradáveis, o que garante potencial de competição e posicionamento no mercado.

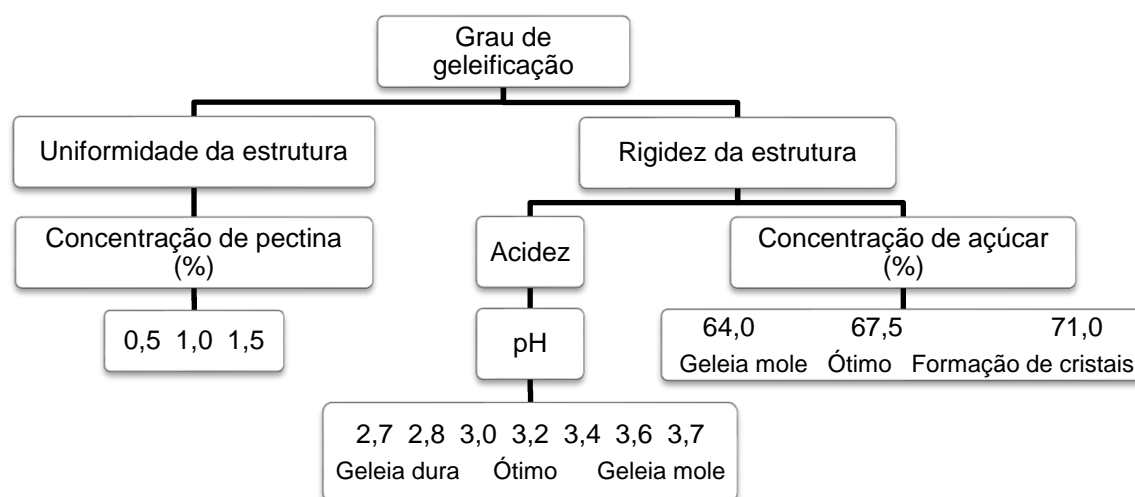
A conservação das geleias deve-se à alta concentração de açúcar, pH muito ácido e ao tratamento térmico, além das boas condições higiênicas durante o processamento e a utilização de embalagens apropriadas.

Os componentes necessários, que são considerados básicos, para fabricação de geleias incluem frutas, pectina, açúcar e ácido. Pectina, açúcar e ácido são indispensáveis para a formação do gel. Uma combinação adequada deles, além da quantidade de cada um e também a ordem de adição durante o processamento são importantes para a obtenção de uma geleia de qualidade. Para compensar deficiências de pectina ou acidez da fruta, é recomendada a adição, respectivamente, de pectina e de acidulante.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS


A influência da pectina, ácido e açúcar na formação do gel está representada na Figura 4. O pH ideal encontra-se entre 3,0 e 3,2 e o teor de acidez entre 0,5% e 0,8%; acima de 1% ocorre a sinérese, que é a perda de água na geleia, e abaixo de 0,3% não há formação de gel. O teor de SS é de 67,5 °Brix. Usa-se de 0,5% a 1,0% de pectina, calculada em relação a quantidade de açúcar.



**Figura 4** – Influência dos componentes básicos (pectina, ácido e açúcar) para formação do gel na geleia.


Fonte: Soler et al. (1991b).

**Facilitando o entendimento**



Para conhecer um pouco mais sobre a pectina, acesse o artigo: Pectinas – propriedades e aplicações, publicado na Food Ingredients Brasil (v. 29, pp. 42-49), 2014. Disponível no link:

[https://revista-fi.com.br/upload\\_arquivos/201606/2016060872220001466797790.pdf](https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060872220001466797790.pdf)



Portanto, as análises de pH, acidez titulável e SS são realizadas com o intuito de caracterizar as frutas e as geleias e, também no controle de qualidade.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

As frutas devem estar no ponto ótimo de maturação para fabricação de geleias, apresentando características sensoriais adequadas, principalmente, de sabor e cor. As geleias podem ser elaboradas tanto a partir da fruta *in natura* quanto de polpas congeladas ou preservadas quimicamente, por exemplo, com sorbato de potássio. O armazenamento das frutas conservadas quimicamente é feito à temperatura ambiente, não necessitando o uso da cadeia de frio, reduzindo assim os custos de produção (Figura 5). Os métodos de conservação da polpa também se aplicam para outros processamentos de doces.



**Figura 5** – Armazenamento de frutas conservadas quimicamente.

Fonte: Cortesia de Reserva de Minas, Machado/MG.

A sacarose é o açúcar mais usado na fabricação de geleias. Durante a cocção, a sacarose sofre naturalmente, em meio ácido, um processo de hidrólise, também conhecido como inversão, que a transforma parcialmente em glicose e frutose (açúcar invertido). A inversão parcial da sacarose é essencial para evitar a cristalização que pode ocorrer durante o armazenamento. A cristalização é um fenômeno que altera o aspecto e a textura da geleia sendo provocada, principalmente, pela inversão insuficiente da sacarose ou pela adição de pouco xarope de glicose, no caso de geleias processadas a vácuo.

O açúcar invertido é obtido durante a própria fabricação da geleia. No entanto, na prática, pode-se adicionar o xarope de glicose com intuito de evitar a cristalização, melhorar o brilho do produto e reduzir o sabor doce. No caso de concentração a vácuo é recomendada a adição de xarope de glicose, pois a temperatura do processo é de aproximadamente 50 °C-60 °C.

O pH final deve estar entre 3,0 e 3,2, para uma geleificação adequada. Normalmente, esse intervalo de pH não é atingido com o pH natural das frutas, sendo necessária a adição de acidulantes. Os mais comumente usados são málico, tartárico e cítrico, sendo o último o mais empregado.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

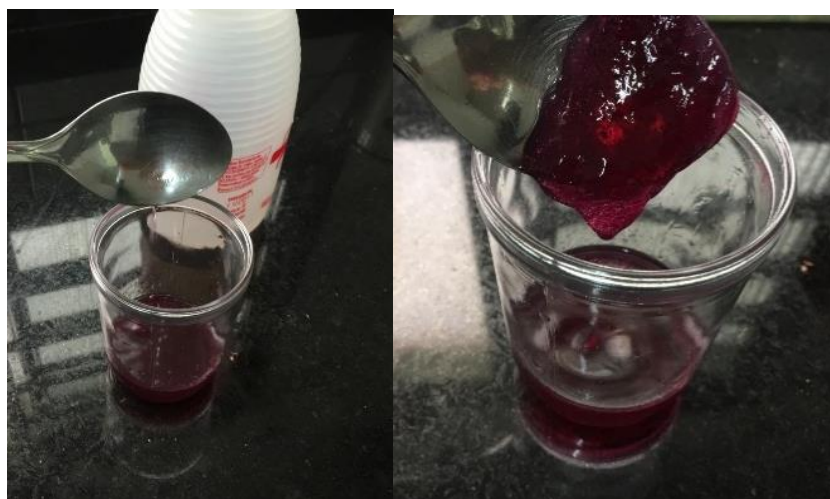
**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Pectinas são substâncias presentes naturalmente nos vegetais e que em determinadas condições apresentam propriedade de geleificação. A pectina deve ser adicionada na forma líquida ou sólida (pó).

As pectinas de alto teor de metoxilação (ATM) são aquelas que apresentam um grau de metoxilação maior que 50%, geleificando a concentrações de 60 °Brix a 80 °Brix de SS e pH de 2,8 a 3,8. Já as pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM) são as que apresentam grau de metoxilação inferior a 50%, podendo formar gel em concentrações de SS de 10 °Brix a 70 °Brix e pH de 2,8 a 6,0, na presença de cátions divalentes, como o cálcio.

De maneira geral, as pectinas ATM são usadas para fabricação de geleias tradicionais, com açúcar, enquanto as BTM em produtos de baixa caloria. É importante observar algumas características da pectina ATM, como sua graduação, que é a medida do poder de geleificação (graus SAG), e também se é de geleificação lenta ou rápida, sendo a última usada em produtos que contêm pedaços de fruta.

O teste do álcool é usado, de forma prática, para avaliar a pectina no suco de frutas. Deve-se homogeneizar levemente uma parte do suco da fruta em três partes de álcool etílico. Em seguida, observar o precipitado formado. Se não formar, a fruta é pobre em pectina, e se tiver a formação de um precipitado firme, é rica em pectina. Na Figura 6, observa-se a formação do precipitado em jaboticaba. O sucesso na obtenção da geleia depende da realização criteriosa de cada etapa do processamento.



**Figura 6** – Teste do álcool em jaboticaba.  
Fonte: Autoria própria.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS



### Facilitando o entendimento

Para reforçar os conhecimentos e contribuir com a aprendizagem acerca do processamento de doces de frutas, assista ao vídeo intitulado: “Chiquinho e Ana em “doces e geleias de frutas” – EMBRAPA, publicado em 2014, pelo canal “Getit Comunicação”.



<https://www.youtube.com/watch?v=LP5z5XtBCw0&t=14s>

O sucesso na obtenção da geleia depende da realização criteriosa de cada etapa do processamento.

### Etapas do processamento de geleias

De acordo com o tipo de fruta, as etapas do processamento podem ter alterações na ordem ou apresentar particularidades.

### Recepção e seleção

As frutas devem ser recepcionadas e selecionadas, descartando, por exemplo, as frutas com podridões que comprometerão a qualidade do produto. É importante conhecer as características de cada fruta com relação aos teores de pectina, pH e SS, antes de proceder à fabricação da geleia. As frutas mais apropriadas para a fabricação de geleias são aquelas naturalmente ácidas e ricas em pectina, contudo, pode-se fabricar geleias adicionando, se necessário acidulante, pectina ou ambos. O morango apresenta, normalmente, acidez suficiente, no entanto, pode-se adicionar pectina para a fabricação da geleia.

Frutas muito maduras têm maior dificuldade para formar o gel, enquanto aquelas na maturidade fisiológica, conhecidas como “de vez”, apresentam maior rendimento em pectina. Por isso, recomenda-se misturar algumas frutas na maturidade fisiológica juntamente com as maduras. Um exemplo é a geleia de goiaba, que não é recomendada a sua fabricação usando apenas frutas na maturidade fisiológica, pois pode ocorrer o aparecimento de coloração castanha no produto final.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### Lavagem e sanitização

A lavagem pode ser feita por imersão, agitação em água, aspersão ou pela combinação de alguns desses métodos, com o intuito de retirar as sujidades. A etapa de sanitização é realizada imergindo as frutas, normalmente, em água clorada.

### Preparo da matéria-prima

As frutas devem ser preparadas de acordo com a tecnologia recomendada. As frutas podem ser descascadas, despulpadas, ter o suco extraído ou apenas cortadas.



A extração do suco das frutas pode ser realizada pelo cozimento delas em água e posteriormente, filtradas. O tempo de cozimento varia de acordo com a espécie e a textura da fruta. Por exemplo, para a fabricação de geleia de jaboticaba, as frutas passam pelo processo de extração do suco (Figura 7).

**Figura 7** – Extração do suco para fabricação de geleia de jaboticaba.

Fonte: Autoria própria.



A etapa de despulpamento consiste em separar a polpa das cascas e sementes, por exemplo. Pode-se usar a despulpadeira elétrica (Figura 8). Caso seja necessário, após a obtenção da polpa, ela pode passar pela etapa de refino na própria despulpadeira, usando uma peneira com malha com diâmetro menor.

No caso da manga, por exemplo, utiliza-se a despulpadeira para ter a desintegração da fruta, obtendo uma polpa com fibras. Em seguida, a polpa pode passar novamente por uma despulpadeira

com peneira de malha com diâmetro

**Figura 8** – Despulpadeira elétrica.  
Fonte: Cortesia do Total Fruta, Divinópolis/MG.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

menor, com o intuito de se obter uma polpa refinada e padronizada, eliminando as fibras do produto. Em outras frutas, como morango e framboesa, é desejável apenas a desintegração, sem o uso de peneiras e despoldadeira, o que determina um melhor apelo visual. A aparência final da geleia de morango fica mais atraente, quando feita a partir do esmagamento da fruta (Figura 9).



**Figura 9** – Aparência da geleia de morango.  
Fonte: Cortesia do Hortifruti Baruk, Muzambinho/MG.

### Formulação

A formulação do produto é realizada a partir do cálculo e pesagem das quantidades adequadas de cada ingrediente. Segue um exemplo de formulação usada para elaboração de geleia mista de caqui e morango (Tabela 5), em que se usou uma proporção de polpa: açúcar (m/m) de 1:1; 4 g de pectina ATM (ou seja, 1% em relação a quantidade de açúcar) e 1 g de ácido cítrico. Os valores médios de pH das polpas de caqui 'Rama Forte' e morango 'Albion' são 4,54 e 2,98, respectivamente. A geleia elaborada com 25% polpa de caqui e 75% polpa de morango apresentou pH final de 3,17, com a adição de ácido cítrico (PEREIRA et al., 2017).

**Tabela 5** – Quantidade (g) dos ingredientes usados na formulação de geleia mista de caqui e morango.

Ingredientes (g)				
Polpa de caqui	Polpa de morango	Açúcar	Pectina	Ácido cítrico
100	300	400	4	1

Fonte: Autoria própria.



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

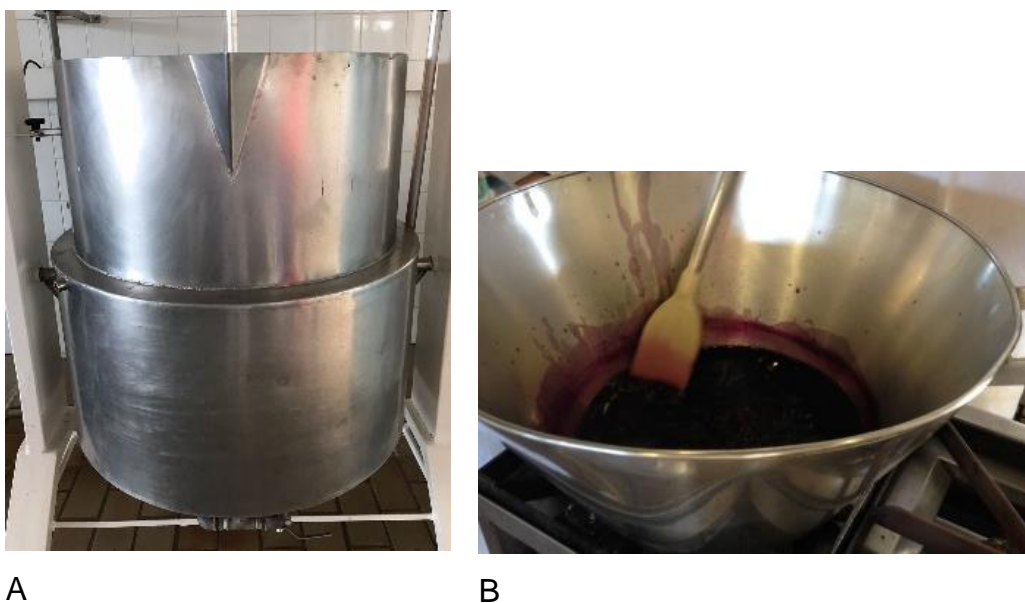
**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### Concentração

As geleias são concentradas por evaporação, que consiste na remoção parcial de água por fervura (concentração por ebulição). A etapa de concentração tem como objetivos principais: a completa dissolução e mistura dos ingredientes; cocção; evaporação de parte da água presente, a fim de garantir a consistência e a conservação adequada e tratamento térmico do produto.

O tempo é variável, dependendo do concentrador, do tipo de aquecimento, do volume e da temperatura, contudo, deve ser o menor possível, para evitar alterações indesejáveis, como o comprometimento do sabor e da cor, além de poder ocorrer a degradação da pectina e desperdício de energia.

Existem dois tipos de concentração para fabricação de geleias: concentração à pressão atmosférica e a vácuo. A concentração à pressão atmosférica é realizada em tachos encamisados com agitador mecânico (Figura 10A) ou também em tachos comuns (Figura 10B). Já a concentração a vácuo, utiliza uma combinação de calor e vácuo para a evaporação do produto.



**Figura 10** – Tacho encamisado (A) e tacho comum (B) usado na fabricação de geleia.  
Fonte: Autoria própria (IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho).

Na concentração a vácuo, a pectina pode ser adicionada no início do processo, mas no caso de concentradores à pressão atmosférica, a adição de pectina deve ocorrer da metade para o final do processo. A pectina em pó nunca deve ser adicionada diretamente e sim misturada com açúcar para não formar grumos.

A adição do acidulante, quando necessária, deve acontecer ao final da fabricação

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

da geleia, antes do envase, principalmente no processamento à pressão atmosférica. Na concentração a vácuo, a adição do acidulante poderá ocorrer em qualquer etapa do processamento. É importante sua diluição em água, e após ser adicionado deve-se manter a agitação até completa homogeneização. Após a adição, a mistura não deve permanecer em cocção, pois a pectina quando sujeita ao calor em meio ácido sofre hidrólise, perdendo o poder geleificante.

### Determinação do ponto final

Seguem alguns métodos para determinação do ponto final da fabricação de geleia:



- Teor de SS: determinado usando-se refratômetro (Figura 11). O teor ótimo de SS é de 67,5 °Brix. Deve-se atentar para os limites especificados na Figura 4, para não comprometer a qualidade da geleia.

**Figura 11**– Determinação do teor de sólidos solúveis em geleia de morango.

Fonte: Autoria própria.

- Ponto de ebulição: medir a temperatura usando termômetro. Por exemplo, no nível do mar a temperatura de 105,7 °C corresponde a uma concentração de 68 °Brix na geleia, sendo que em altitudes diferentes ocorrem pequenas variações. Já em um local com

altitude de 1.000 m, a temperatura nessa concentração equivale a 102,3 °C.



- Teste da colher: consiste em mergulhar uma colher metálica na geleia, em seguida, resfriar e observar como cai: se em forma de fio ou gotas, precisa maior concentração; se formar uma placa (lâmina), a concentração está no ponto desejado, conforme Figura 12.

**Figura 12** – Verificação do ponto final da geleia no teste da colher.

Fonte: Autoria própria

- Teste do copo: consiste em retirar uma porção da geleia com uma colher e deixar pingar em um copo com água fria. Se a gota chegar inteira no fundo do copo, está no ponto. Se

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

dissolver na água, ainda não está no ponto.

Terminada a concentração, a geleia deve ser imediatamente envasada e resfriada, a fim de se interromper o processo e não haver contaminação.

### **Envase**

Ao atingir o ponto final, a geleia deve ser envasada em embalagens apropriadas para a sua comercialização. A embalagem mais usada para o acondicionamento de geleias é o pote de vidro com tampa metálica, pois possibilita melhor conservação e tem a vantagem da visualização do produto pelo consumidor. Os potes de vidro devem ser higienizados com cloro ou sofrer um tratamento térmico, a fim de garantir a qualidade microbiológica e a conservação do produto.

O envase (enchimento a quente) é geralmente realizado manualmente em pequenas produções ou automaticamente em indústrias. A temperatura mínima recomendada para o envase do produto é de 85 °C. No caso do processamento a vácuo, a temperatura de concentração é de 50 °C-60 °C, assim sendo, a temperatura da geleia deve ser elevada a 85 °C, antes do envase.

É importante encher adequadamente o pote de vidro, deixando o espaço livre para formação do vácuo parcial. Não se deve encher completamente a embalagem.

Após o envase, os potes de vidro devem ser fechados imediatamente. As tampas para os vidros são feitas de metal, providas de anéis vedantes, permitindo o fechamento hermético tanto manual como mecânico.

### **Inversão térmica (termoinversão)**

Os produtos envasados com a temperatura acima de 85 °C não necessitam de tratamento térmico adicional, bastando, apenas realizar a inversão dos potes de vidro fechados (Figura 13), por 3 a 5 minutos, a fim de que a geleia quente esterilize o espaço livre e a tampa. Existem equipamentos para realizar a inversão térmica em indústrias.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS



**Figura 13** – Termoinversão em geleia de morango.  
Fonte: Autoria própria.

### Resfriamento

Os potes contendo as geleias devem ser resfriados e serem encaminhados para a etapa sequente da produção.

### Rotulagem

O lacre termoencolhível pode ser usado nos potes de vidro, como item de segurança que visa garantir ao consumidor que o produto não foi violado, além de reforçar o fechamento do pote, pois adapta-se ao formato da tampa quando exposto ao calor em equipamento específico. O produto deve ser rotulado para identificação, de acordo com a legislação vigente (Figura 14).



**Figura 14** – Lacre termoencolhível e rótulo em geleia de morango.  
Fonte: Cortesia do Hortifruti Baruk, Muzambinho/MG.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### Armazenamento

Os potes de geleias são acondicionados em caixas de papelão. O armazenamento deve ser feito em local fresco e ao abrigo da luz, a fim de evitar alterações na geleia.

#### 2.2.2 Fruta em calda


A fruta em calda ou compota é a conserva de frutas que foram submetidas a um cozimento incipiente, envasadas praticamente cruas, com adição de calda de açúcar (ou líquido de cobertura ou xarope). Depois de fechar a embalagem, o produto é submetido a um tratamento térmico adequado. Os ingredientes necessários para fabricação de frutas em conserva são a fruta e a calda de açúcar. Já o doce de fruta em calda é o produto obtido através do cozimento das frutas em uma calda de água e açúcar.

O sucesso na fabricação de doces está associado ao tipo de fruta usada, ao processamento adequado e às boas práticas de fabricação. Entre as frutas em calda, o pêssigo e o abacaxi são mais consumidos e comercializados.

Algumas características das frutas são importantes para a fabricação de frutas em calda, como, por exemplo, o tamanho e a forma uniformes, textura firme, resistência ao tratamento térmico, rendimento, cor atraente e sabor agradável. Portanto, existem cultivares apropriadas para o processamento de frutas em calda, por apresentarem essas características.



Um exemplo, é o abacaxi ‘Smooth Cayenne’, que possui formato cilíndrico, polpa firme e amarela e características sensoriais adequadas. Existem também cultivares de pêssigo de polpa amarela destinadas para industrialização, como por exemplo, BRS Jaspe, lançada em 2019 pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas/RS).

**Facilitando o entendimento**



Para conhecer um pouco mais sobre as cultivares de pêssigo para indústria acesse o material: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081551/cultivares-de-pesego-para-industria>.

Assista também o vídeo: “Conheça algumas cultivares de pêssigo da Embrapa – Programa Terra Sul”, publicado em 2019 pelo canal Terra Sul. [https://www.youtube.com/watch?v=UHp\\_Do0cot0](https://www.youtube.com/watch?v=UHp_Do0cot0).

### Etapas do processamento de frutas em calda

## **Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS**

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

De acordo com o tipo de fruta e o porte da indústria, as etapas do processamento podem ter alterações na ordem ou apresentar particularidades.

### **Recepção e seleção**

As frutas devem ser recepcionadas e selecionadas, separando por exemplo, as frutas com podridões e com defeitos que comprometerão a qualidade do produto final. A matéria-prima deve ser de qualidade e processada sob condições higiênico-sanitárias satisfatórias, para que o produto final conserve, sem sofrer alterações indesejáveis. As frutas devem estar maduras, contudo, firmes.

É importante a escolha da matéria-prima adequada para o processamento, selecionando cultivares que apresentem qualidade para industrialização e produtividade.

### **Classificação**

A etapa de classificação é importante para garantir maior uniformidade dentro da embalagem, contribuindo com apelo visual e um produto atrativo. Dentre os fatores de classificação, destaca-se a padronização do tamanho. É importante para a eficiência das etapas posteriores como descascamento, branqueamento e tratamento térmico. O manuseio adequado da matéria-prima é fundamental para a obtenção de um produto final de qualidade.

### **Lavagem e sanitização**

A etapa de lavagem ou limpeza úmida pode ser realizada por imersão, agitação em água, aspersão ou pela combinação de alguns desses processos, com o intuito de retirar as sujidades. A etapa de sanitização é realizada imergindo as frutas, normalmente, em água clorada.

### **Descascamento**

Os principais métodos de descascamento são: manual, mecânico, físico e químico. Os pêssegos podem ser descascados pelo vapor ou pelo método químico (tratamento com hidróxido de sódio, conhecido como lixívia) determinando um aspecto visual adequado ao produto final. No método químico, é importante combinar adequadamente a temperatura, a concentração de hidróxido de sódio e o tempo. Enquanto, o abacaxi pode ser descascado de forma manual ou mecânica.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### **Corte**

As frutas podem ser cortadas em metades, rodela, entre outros tipos de corte, que devem ser adequados a cada fruta, de forma a obter tamanho uniforme, para uma melhor acomodação dos pedaços na embalagem, além de assegurar um tratamento térmico eficiente e o equilíbrio entre líquido e fruta.

A etapa de corte é importante para a apresentação final, ofertando um produto atrativo ao consumidor, principalmente, quando acondicionado em potes de vidro. As etapas de descascamento e corte devem ser realizadas com cuidado, pois a qualidade das frutas nas embalagens também depende dessas operações.

O abacaxi pode ser cortado em fatias transversais, sem o cilindro central e o pêssago em metades sem o caroço. Nessa etapa, pode ocorrer a classificação quanto ao tamanho dos pedaços.

### **Branqueamento**

O branqueamento é considerado um pré-tratamento que é realizado entre o preparo da matéria-prima e operações posteriores e não como um método de conservação em si. No branqueamento ocorre aquecimento rápido do produto a uma temperatura pré-determinada, mantido durante um tempo estabelecido e resfriado rapidamente a temperaturas próximas a do ambiente, para evitar contaminação por micro-organismos termófilos e para não comprometer a textura.

Essa operação consiste em submeter o produto ao tratamento com água quente ou vapor, tendo como finalidade, além de inativar enzimas, retirar o ar dos tecidos e amolecer o produto, por exemplo. O branqueamento é uma operação importante, mas não é realizado, necessariamente, em todos os processamentos.

### **Envase**

A fruta em calda pode ser envasada em lata ou pote de vidro, a fim de garantir a sua conservação. O envase consiste em encher a embalagem com o produto, e em seguida adicionar a calda, que também é chamada de xarope ou líquido de cobertura. A calda é preparada a partir da mistura de água e açúcar (solução de sacarose), em proporção adequada para atingir a concentração (°Brix) desejada e o equilíbrio osmótico. Pode ocorrer a substituição de parte da sacarose por xarope de glicose, com o intuito de

## **Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS**

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

conferir o brilho e reduzir a doçura do produto final.

A adição da calda deve ser feita a quente e tem por objetivo preencher os espaços vazios entre as frutas e a embalagem, remover o ar no interior da embalagem, auxiliar na transmissão do calor durante o tratamento térmico, além de realçar o sabor.

É importante encher adequadamente a embalagem, deixando o espaço livre para formação do vácuo parcial. Não se deve encher completamente a embalagem com o xarope.

### **Exaustão**

A etapa de exaustão tem como objetivo remover o ar do interior da embalagem, que serão tratadas termicamente. Consiste em passar as embalagens, sobre uma esteira, por um túnel de vapor. De forma artesanal, os potes de vidro, com as tampas sobrepostas, são colocados em água fervente, por 5 a 10 minutos, para permitir a remoção do ar. Após essa operação, as embalagens são imediatamente fechadas e conduzidas ao tratamento térmico.

### **Tratamento térmico**

No tratamento térmico, o calor é transmitido para o produto com o intuito de conservá-lo e aumentar a vida de prateleira. Pode ser feito em tanques encamisados, por 10 minutos.

### **Resfriamento**

Após o tratamento térmico, as embalagens devem ser, imediatamente, resfriadas.

### **Rotulagem**

Quando a fruta em calda for acondicionada em potes de vidro, pode-se usar o lacre termoencolhível como mencionado no processamento de geleia. O produto deve ser rotulado para identificação, de acordo com a legislação vigente.

### **Armazenamento**



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

O armazenamento deve ser feito em local fresco e ao abrigo da luz, a fim de evitar alterações nas frutas em calda.

### 2.2.3 Frutas cristalizadas

Frutas cristalizadas são definidas como o produto preparado com frutas, em que se substitui parte da água da fruta por açúcar, por meio de tecnologia adequada, recobrimo-as ou não com uma camada de açúcar. Dentre as matérias-primas usadas na fabricação de doces cristalizados, destaca-se o figo, o abacaxi, o mamão e a laranja. A abóbora, que é um fruto, também é utilizada. Na Figura 15, observa-se alguns exemplos de doces cristalizados.

Durante a fabricação de frutas cristalizadas, observa-se o processo de desidratação osmótica, que consiste na remoção parcial da água e absorção de açúcar pela fruta, quando o produto é imerso em um xarope, visando reduzir a atividade de água e conservar o produto.



**Figura 15** – Doces cristalizados.  
Fonte: Doces Art Minas, Carmo do Rio Claro/MG.

### Etapas do processamento de frutas cristalizadas

De acordo com o tipo de fruta, as etapas do processamento podem ter alterações na ordem ou apresentar particularidades.

### Recepção e seleção

As frutas devem ser recepcionadas e selecionadas, descartando as que apresentem defeitos que comprometam a qualidade do produto final. A uniformidade do tamanho e da forma também são atributos requeridos, dependendo da matéria-prima e do tipo de apresentação do produto final. Podem ser utilizadas frutas maduras, porém firmes

## **Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS**

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

(abacaxi, por exemplo) ou imaturas (mamão e figo, por exemplo).

### **Lavagem e sanitização**

A etapa de lavagem ou limpeza úmida pode ser realizada por imersão, agitação em água, aspersão ou pela combinação de alguns desses processos, com o intuito de retirar as sujidades. A etapa de sanitização é realizada imergindo as frutas, normalmente, em água clorada.

### **Preparo**

Quando pertinente, as frutas são descascadas para melhorar a aparência do produto final, de forma manual ou mecânica, por exemplo. No caso do figo, o descascamento é feito por abrasão. A remoção das sementes se faz necessária, como no mamão e abóbora, por exemplo.

A etapa de corte é importante para a apresentação final, ofertando um produto atrativo e uniforme ao consumidor. O corte facilita o contato entre a solução de açúcar e os pedaços e o processo de saturação, devido ao aumento da superfície de contato.

### **Pré-tratamento**

Para mamão verde e abóbora, por exemplo, recomenda-se o pré-tratamento com cálcio, que consiste na imersão dos pedaços em solução de, por exemplo, cloreto de cálcio, citrato de cálcio ou cal virgem, para que ocorra a reação entre o cálcio e a pectina presente no fruto, produzindo pectato de cálcio, promovendo o enrijecimento superficial do produto.

No caso de frutas cítricas e o figo, se faz necessário um pré-tratamento, para remover o amargor, que pode ser por imersão em água ou pré-cozimento, sendo necessária a troca de água.

### **Cocção no xarope**

Para a fabricação, as frutas são imersas em calda (xarope), em que ocorre a perda de água por parte da fruta e absorção de açúcar. Quando o ponto é atingido, a tonalidade da fruta é alterada, tornando-se translúcida. A saturação é o ponto fundamental do processo de cristalização, em que o produto deve-se apresentar brilhante e estar totalmente impregnado de açúcar. No entanto, se o produto não estiver totalmente

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

saturado de açúcar, ele fica pegajoso.

O processo de impregnação ocorre de maneira lenta, em que as frutas sofrem



sequenciais cozimentos em xaropes, com aumento gradativo da concentração de açúcar, até que ocorra a sua impregnação. De uma maneira geral, deve-se iniciar o processo com um xarope de concentração baixa de açúcar. As frutas ficam imersas na calda, em fogo brando, por 30 minutos (Figura 16).

**Figura 16** – Cocção de figo no xarope de açúcar.

Fonte: Doces Art Minas, Carmo do Rio Claro/MG.

Após retirar do fogo, as frutas devem ficar cobertas e em repouso na calda por 24 h, para alcançar o equilíbrio osmótico. Esse procedimento é repetido aumentando gradativamente a concentração do xarope. A concentração inicial do xarope e o tempo de imersão podem variar de acordo com as características da matéria-prima.

Para tornar o método mais rápido, tem-se o aumento da temperatura e a redução da pressão do sistema, de forma a diminuir o tempo de cristalização, com o aumento da velocidade.

### Secagem

A etapa de secagem pode ser à temperatura ambiente ou em estufa, em



temperatura e tempo adequados. O ponto final é quando não está mais pegajosa. O procedimento de secagem ocorre logo após a cristalização, onde as frutas são retiradas ainda quentes e arranjadas em uma peneira ou tela para escorrer a calda, esfriar e secar (Figura 17).

**Figura 17** – Secagem de figo cristalizado.

Fonte: Doces Art Minas, Carmo do Rio Claro/MG

### Acondicionamento

## **Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS**

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Após a secagem, as frutas cristalizadas podem ser acondicionadas e fechadas em sacos ou potes plásticos.

### **Rotulagem**

O produto deve ser rotulado para identificação, de acordo com a legislação vigente.

### **Armazenamento**

O armazenamento deve ser feito em local fresco e ao abrigo da luz, a fim de evitar alterações.

#### **2.2.4 Doce em pasta**

Doce em pasta é definido como o produto resultante do processamento adequado de vegetais com açúcares, através da concentração pela cocção, até a obtenção da consistência adequada. Quanto a consistência, tem-se o doce cremoso, quando a pasta for de consistência mole, ou seja, pastosa, não devendo oferecer resistência nem possibilidade de corte, e o doce em massa, quando a pasta for de consistência que possibilite o corte.

Os doces em massa são conhecidos como bananada, goiabada e marmelada, e os que contêm pedaços de frutas, utiliza-se os termos “com pedaços” ou “cascão”. A goiabada cascão é um exemplo.

### **Etapas do processamento de doce em pasta**

De acordo com o tipo de vegetal, as etapas do processamento podem ter alterações na ordem ou apresentar particularidades. Será abordado tanto o processamento do doce cremoso quanto o em massa, apontando as principais diferenças entre eles.

### **Recepção e seleção**

A matéria-prima deve ser recepcionada e selecionada, descartando as que apresentem defeitos que comprometam a qualidade do produto final. A matéria-prima deve apresentar atributos de qualidade adequados para o doce em pasta, como a abóbora ‘Nova Caravela’ que apresenta características excelentes para a elaboração de doces, destaca-se a sua polpa laranja e o tamanho.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### **Lavagem e sanitização**

A etapa de lavagem ou limpeza úmida pode ser realizada por imersão, agitação em água, aspersão ou pela combinação de alguns desses processos, com o intuito de retirar as sujidades. A etapa de sanitização é realizada imergindo as frutas, normalmente, em água clorada.

### **Preparo**

A etapa de preparo depende das características de cada matéria-prima. Algumas são descascadas como a banana, outras conservam a casca como a goiaba. A remoção das sementes se faz necessária, como na abóbora e goiaba, por exemplo. A obtenção da pasta pode ser usando um despoldadeira elétrica (Figura 8) ou triturador industrial. Por exemplo, a abóbora pode ser cozida antes de serem despoldadas, outras são trituradas cruas.

### **Formulação**

A quantidade de açúcar usada deve ser igual ou inferior à dos ingredientes vegetais. Na formulação do doce em pasta, utiliza-se basicamente o vegetal e o açúcar. Em relação a fabricação de doce cremoso, não é necessário adicionar pectina à formulação, pois não haverá necessidade de formar o gel como no caso da geleia e do doce em massa.

Em alguns casos, o teor de pectina natural da fruta é suficiente para conseguir o ponto de corte (doce em massa), porém, em geral pode-se adicionar pectina comercial para se obter o efeito desejado de corte.

Para o doce em massa, é necessária uma combinação adequada de pectina, açúcar e ácido, para a obtenção da consistência de corte. Na prática, na fabricação de goiabada, algumas frutas na maturidade fisiológica são acrescentadas por apresentarem maior teor de pectina do que as maduras. Da mesma forma, quando a matéria-prima não possui acidez suficiente para geleificação, deve ser adicionado acidulante durante a fabricação.

### **Concentração/cocção**

Após a formulação, os ingredientes são colocados em tacho aberto de aço inox com camisa de vapor sob agitação constante, para homogeneização dos mesmos e

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

concentração da mistura, até o ponto de cada doce em pasta.

### **Determinação do ponto**

Doce cremoso: deve apresentar consistência pastosa, porém antes do ponto de corte. Normalmente, o ponto final é determinado quando o teor mínimo de SS for 55 °Brix.

Doce em massa: pode ser determinado quando o doce se solta completamente dos lados do tacho, deixando à vista o fundo do tacho. Normalmente, o ponto final é determinado quando o teor mínimo de SS for 65 °Brix.

Para a determinação do ponto de doce em pasta, a experiência e a prática do manipulador são essenciais para a obtenção de um produto de qualidade e com a consistência apropriada para cada tipo de doce.

### **Acondicionamento**

O doce cremoso deve ser acondicionado quente em potes de vidro com tampa metálica, e posteriormente, fechados hermeticamente. É importante encher adequadamente o pote de vidro, deixando o espaço livre para formação do vácuo parcial. Não se deve encher completamente a embalagem. Os potes de doces devem ser submetidos a um resfriamento por imersão ou aspersão. Os potes de vidro devem ser higienizados com cloro ou sofrer um tratamento térmico, a fim de garantir a qualidade microbiológica e a conservação do produto.

O doce em massa deve ser acondicionado quente, geralmente, em latas metálicas ou embalagens plásticas. Após ser envasado na embalagem plástica, os doces são colocados em formas retangulares, para adquirirem o formato após o resfriamento.

Outra maneira de embalar o doce consiste em colocá-lo em uma forma grande e após o resfriamento, realizar o corte em pedaços menores e uniformes. Em seguida, os pedaços são acondicionados em embalagens plásticas. Nesse caso, deve-se ter muito cuidado com a manipulação, para evitar contaminações.

### **Rotulagem**

Pode-se usar o lacre termoencolhível nos potes de vidro, usados no envase de doce cremoso, como mencionado no processamento de geleia. As embalagens são devidamente rotuladas para identificação do produto, devendo constar as informações exigidas pela legislação brasileira.

### Armazenamento

As embalagens são armazenadas em temperatura ambiente, local limpo e arejado para posterior comercialização e consumo do produto.

### 2.3 TECNOLOGIA DE SUCOS E POLPAS

No Brasil as legislações na área de alimentos e bebidas são regidas pelo MS por meio da ANVISA e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A rotulagem de sucos de frutas deve estar de acordo com as exigências da ANVISA para rotulagem de alimentos embalados, expressas por meio da Resolução - RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020 e seu anexo (IN nº 75, de 8 de outubro de 2020) (BRASIL, 2020a; 2020b).

Conforme o Decreto nº 6.871, de 2009, bebida é definida como o produto de origem vegetal industrializado, destinado à ingestão humana em estado líquido, sem finalidade medicamentosa ou terapêutica. Segundo este mesmo decreto, a polpa de fruta e o xarope sem finalidade medicamentosa ou terapêutica também são considerados como bebidas. As bebidas podem ser classificadas em bebida alcoólica e não alcoólica. Ainda dentro desse grupo de bebidas, há uma subclassificação em bebida não fermentada não alcoólica e bebida fermentada não alcoólica (BRASIL, 2009).

O referido decreto 6.8971/2009 define os sucos como:

bebida não fermentada, não concentrada, ressalvados os casos especificados no próprio decreto (grifo dos autores), e não diluída, destinada ao consumo, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (BRASIL, 2009).

A IN nº 49, de 26 de setembro de 2018, estabelece a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de suco e polpa de fruta. Esta bebida possui como ingredientes opcionais: os açúcares; gás carbônico; partes comestíveis da fruta ou vegetal de sua origem, ou de outras frutas ou vegetais; vitaminas, fibras e outros nutrientes previstos na RDC nº 54/2012 (BRASIL, 2012); e sal e especiarias (para suco de tomate).

Segundo a IN 49/2018, a classificação de suco mantém aquelas apresentadas no Decreto nº 6.871 de 2009, sendo elas:

- (i) Suco reconstituído (devendo atender aos parâmetros descritos nos regulamentos técnicos para fixação de PIQ para o respectivo suco);

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

- (ii) Suco concentrado (suco submetido ao processo físico para a retirada de água, com aumento mínimo de 50% do teor de SS presentes no respectivo suco integral);
- (iii) Suco desidratado (permitindo a adição de maltodextrina, maltodextrina modificada, ou ambas, desde que este suco seja produzido para fins industriais e não para o consumo direto).

Além desses tipos de suco, o decreto nº 6.871/2009 apresenta a designação de suco misto, quando é obtido pela mistura de frutas ou combinação de fruta e vegetal. O suco também pode receber a denominação de “clarificado”, quando submetido a este processo (detalhado no item 2.3.1 Processamento geral de sucos, deste capítulo); “adoçado”, quando sofrer adição de açúcares; “gaseificado” quando acrescido de gás carbônico. Sua denominação deve apresentar o nome da fruta utilizada para como matéria-prima ou nome do vegetal, quando for o caso.

Os sucos podem, opcionalmente, ser classificados em integral quando submetido a processo físico adequado para a retirada de sólidos insolúveis e quando não for utilizado agentes químicos de clarificação. As classificações de sucos podem ser agrupadas conforme se agregam as características, assim, é permitido a comercialização de suco clarificado adoçado gaseificado (BRASIL, 2018a). A IN nº 37, de 1 de outubro de 2018 estabelece os parâmetros analíticos e demais quesitos complementares aos PIQ para 66 sabores de suco de fruta (Anexo I) e 53 diferentes polpas de frutas (Anexo II) (BRASIL, 2018b).

O néctar é a bebida não fermentada, obtida da diluição em água potável da parte comestível do vegetal ou de seu extrato, adicionada de açúcares, destinada ao consumo direto. Essa também pode ser gaseificada e mista. O suco tropical é a bebida não fermentada obtida pela dissolução, em água potável ou seu suco clarificado da polpa de fruta de origem tropical, por meio de processo tecnológico adequado, devendo ter cor, aroma e sabor característico da fruta, submetido a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (BRASIL, 2009). A IN do MAPA nº 12, de 4 de setembro de 2003 aprova o Regulamento Técnico para fixação dos PIQ gerais para suco tropical das frutas, abacaxi, acerola, cajá, caju, goiaba, graviola, mamão, manga, mangaba, maracujá e pitanga e para néctar das frutas mencionadas acima com exceção da mangaba e incluindo o pêssego (MAPA, 2003).

Segundo a IN do MAPA nº 12/2003, o néctar, cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico, deve conter no mínimo 30% (m/m) da respectiva polpa, exceto as frutas com acidez ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte, que neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20% (m/m). No entanto, a IN nº 42, de 11 de setembro de 2013 alterou



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

a quantidade mínima de suco natural de uva e laranja em seus respectivos néctares e definiu prazos para que a mudança seja implantada pela indústria de alimentos. Assim sendo, o teor de 30% (m/m) de suco de uva e laranja em seus respectivos néctares passou para 40% (m/m) em 31 de janeiro de 2015 e para 50% (m/m) em 31 de janeiro de 2016 (MAPA, 2013). Esta medida teve como objetivo auxiliar no escoamento do suco de laranja armazenado nas indústrias brasileiras de beneficiamento de citros em função da exportação aos EUA aquém do esperado no ano de 2012, além de se constituir numa política de incentivo ao produtor de uva e laranja.

A IN do MAPA nº 12 de 2003 ainda determina, para o suco tropical, que a quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta que não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico, deve conter um mínimo de 50% (m/m) da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com acidez alta ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte que, neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 35% (m/m) (MAPA, 2003).

A polpa de fruta é definida pela IN nº 49/2018 como a bebida produzida por meio de processo tecnológico adequado que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo. A referida IN cita o decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 que em seu artigo 19, define polpa de fruta como o produto não fermentado, não concentrado, obtido de fruta polposa, por processo tecnológico adequado, atendido o teor mínimo de sólidos em suspensão (BRASIL, 2009). Os teores mínimos de SS são estabelecidos para cada polpa de fruta específica (BRASIL, 2018b) e assim como os sucos, as polpas podem ser designadas como simples ou mista. Assim como os sucos, as polpas podem ser adicionadas de acidulantes, regulador de acidez, conservadores químicos e corantes naturais.

O suco e a polpa de fruta não devem apresentar água utilizada em quaisquer etapas inerentes ao pré-processamento ou processamento da matéria-prima, sendo permitido apenas a utilização de água na obtenção de suco e de polpa de fruta, quando o seu uso for imprescindível, de acordo com ato administrativo complementar expedido pela DAS/MAPA (BRASIL, 2018a).

Para conhecer com mais detalhes a legislação brasileira sobre bebidas, consulte a biblioteca de normas vinhos e bebidas do MAPA, por meio do link: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/bebidas>.



### 2.3.1 Processamento geral de sucos

O processamento de sucos pode ser genericamente dividido em três grandes etapas fundamentais e sequenciais, sendo elas: (i) pré-tratamento, (ii) tratamento e (iii) conservação. O pré-tratamento abrange todas os processos citados no tópico 2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE FRUTAS deste capítulo. Já o tratamento, por sua vez, inclui técnicas de processamento que se adequam aos diferentes tipos de matérias-primas utilizadas para obtenção do suco, assim como aos diferentes tipos de suco: integral, concentrado, conservado quimicamente, desidratado etc. (SANTOS; OLIVEIRA, 2015).

#### Extração

Consiste no processo fundamental para a obtenção de sucos. Nesta etapa é realizada a separação do suco das demais partes do vegetal, como casca, bagaço, óleo essencial etc. Pode ser realizada por meio de prensas mecânicas de diferentes tipos: verticais, horizontais, esteiras com diferencial de pressão e parafusos. As características da fruta determinarão o equipamento específico para este propósito.

Algumas frutas podem oferecer a possibilidade da realização da extração a frio ou a quente, como no suco de uva. O processo a frio demanda o emprego de sulfitação (metabissulfito de sódio ou dióxido de enxofre) para auxiliar na extração de pigmentos, inibir enzimas responsáveis pela alteração sensorial, além de controlar a carga microbológica. A extração a quente proporciona o elevado rendimento, embora possa comprometer determinados atributos sensoriais.

#### Clarificação

Esta etapa é também chamada de refino ou *finisher* e consiste na eliminação dos sólidos insolúveis em suspensão no suco. A clarificação pode ser realizada por diferentes princípios, seja por:

- (i) processos físicos como a centrifugação, decantação e uso de membranas;
- (ii) processos enzimáticos com enzimas pectinolíticas, por exemplo, e centrifugação para terminar o processo, ou;
- (iii) processos químicos com a utilização de bentonita, gelatina, terra diatomácea, seguida por filtração, por exemplo.

Esse processo é executado de forma diferenciada a partir do tipo de suco, uma vez que a turbidez da bebida pode ser desejada ou não pelos consumidores. O suco de maçã, uva e abacaxi, por exemplo, possuem maior aceitabilidade pelo aspecto límpido. O contrário acontece com o suco de laranja, onde a manutenção de sua turbidez é desejada, sendo realizadas diferentes etapas para inativação de enzimas naturalmente presente na

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

laranja que promoveriam a desestabilização dos sólidos em suspensão, a fim de manter a sua turbidez durante o armazenamento. Estes procedimentos são empregados numa etapa chamada de: “**estabilização da turbidez**”.

### **Decantação/ filtração/ centrifugação**

Essas etapas são complementares à clarificação e necessárias para a remoção dos sólidos insolúveis precipitados ou ainda em suspensão (caso da centrifugação) no suco. Os filtros utilizados podem ser de diferentes tipos, como: prensa vertical ou horizontal, rotativo, com a superfície filtrante por tela ou peneira de cerâmica, metálica ou plásticos; com ou sem o auxílio de adjuntos (terra diatomácea, perlita e celulose). A utilização de membranas também pode ser empregada (RODRIGUES; FERRI, 2012).

### **Desaeração**

Esta etapa consiste na eliminação do excesso de gases dissolvidos no suco que contribuem para a oxidação de nutrientes e compostos de aroma/sabor. Pode-se utilizar um equipamento a vácuo (750 mmHg), de fluxo tangencial, com um condensador para recuperação dos compostos de aroma (RODRIGUES; FERRI, 2012; SANTOS; OLIVEIRA, 2015).

### **Formulação**

A resolução vigente e os respectivos PIQ devem ser consultados, a fim de garantir a utilização de ingredientes autorizados e a conformidade dos parâmetros estabelecidos para cada suco, polpa, néctar ou suco tropical. A água deve ser potável e isenta de cloro e íons-ferro para evitar quaisquer alterações nos componentes (nutrientes, compostos de sabor, aroma e cor) e nos atributos sensoriais (sabor, gosto, aroma e cor, principalmente).

O agente adoçante mais comum é a sacarose, no entanto, pode ser parcialmente substituída por xaropes, açúcar invertido, edulcorantes. Em alguns sucos pode ser necessária a adição de ácidos orgânicos, a partir daquele predominante na fruta, a fim de corrigir a acidez desejada. Alguns aditivos permitidos e utilizados, principalmente em néctares e suco tropical, consistem nos estabilizantes (manutenção dos sólidos em suspensão), antioxidantes, corantes naturais (em suco tropical de acerola e goiaba e néctares, exclusivamente) e conservantes (ácido benzoico, sórbico em sucos; dimetil dicarbonato, sulfito, metabissulfito de cálcio, sódio e potássio em néctares). Para informações específicas sobre os aditivos e coadjuvantes de tecnologia permitidos na produção de suco, suco tropical e néctar, consulte a RDC nº 281, de 29 de abril de 2019, a RDC nº 8, de 6 de março de 2013 e RDC nº 5, de 15 de janeiro de 2007.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### Conservação

Os métodos de conservação mais empregados em sucos são a pasteurização, concentração, separação por membrana, refrigeração, processamento asséptico, desidratação, uso de conservadores, alta pressão e tecnologias emergentes (ultrassom, campo elétrico pulsado, micro-ondas).

A pasteurização é um tratamento térmico, relativamente brando, em que o suco é aquecido, com manutenção da temperatura durante um tempo pré-estabelecido, a fim de eliminar os micro-organismos patogênicos, inativar enzimas que promoveriam alterações indesejadas na bebida. O binômio tempo e temperatura deve ser estabelecido considerando características intrínsecas aos possíveis micro-organismos presentes na matéria-prima e às características físico-químicas e nutricionais do suco. Alguns conceitos importantes devem ser estudados para cada caso, sendo eles:

- (i) O **valor D**, referente ao tempo de manutenção de uma temperatura pré-determinada para reduzir em 90% o número de células de determinado micro-organismos (ou atividade enzimática, por exemplo) deve ser considerado;
- (ii) O **valor Z**, referente ao incremento na temperatura (em °C) a fim de reduzir dez vezes o valor D;
- (iii) O conceito de **12 D** para sucos de frutas pouco ácidas, com pH acima de 4,5, a fim de garantir a aplicação do valor D 12 vezes, e garantir a segurança dos consumidores, pela obtenção da esterilização comercial do suco.

A concentração consiste na remoção de água do suco, visando aumentar os SS totais e reduzir a atividade de água do produto. A concentração geralmente é realizada nos sucos até obtenção de 55-66 °Brix. Alguns sucos são concentrados por evaporadores, que acabam por remover a fração volátil da bebida, que deve ser recuperada para posterior reincorporação no suco destinado à comercialização.

A refrigeração entre temperatura de 0 a 10 °C é utilizada imediatamente após a pasteurização de sucos com o propósito de reduzir a velocidade da proliferação microbiana, além de inibir alterações térmicas. A refrigeração também funciona como um componente do método de conservação por barreiras, que envolve mais de um processo para a conservação da bebida.

O processamento asséptico, também conhecido como HTST (*hight temperature short time*) consiste em submeter o suco em temperatura entre 90 e 120 °C por poucos segundos (entre 2 e 4), seguido de imediato resfriamento e envase em embalagens previamente esterilizadas, sob condições assépticas. As embalagens cartonadas, formadas por múltiplas camadas intercaladas, a exemplo da tetrapak®, são as mais empregadas no Brasil, em bebidas submetidas ao processo HTST.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

A desidratação em *spray dryer* é bastante utilizada para a produção de sucos desidratados, empregados como ingrediente de formulações ou preparados sólidos para refrescos. O *spray dryer* promove a atomização da bebida, cujas diminutas gotículas formadas são aspergidas dentro de uma corrente de ar quente (270-300 °C). Em poucos segundos (8 a 10) a água é evaporada das gotículas e o produto em pó é separado do ar.

Diversas tecnologias emergentes estão sendo cada vez mais estudadas, sendo comparadas aos métodos de conservação térmicos convencionais, com o propósito de determinar sua viabilidade. Nesse sentido, Atunwu et al. (2019) realizaram a comparação entre a aplicação da alta pressão, micro-ondas, aquecimento ôhmico e convencional por pasteurização quanto aos aspectos de qualidade de suco de laranja, assim como o custo energético de cada método. No estudo em questão, os autores não encontraram grandes diferenças entre os atributos de qualidade a partir dos diferentes métodos empregados, considerando a baixa temperatura e curto período necessário para o tratamento térmico. Além disso, os autores identificaram baixa viabilidade econômica das tecnologias emergentes estudadas, comprometidas pelo custo da energia elétrica no Reino Unido, local onde o experimento foi realizado.

Por outro lado, Yildiz et al. (2020) pesquisaram as alterações na qualidade de suco de morango após tratamento (em condições equivalentes) de alta pressão, ultrassom, campo elétrico pulsado e métodos de conservação térmicos convencionais. Dentre os diferentes parâmetros investigados, os autores verificaram que a alta pressão e o campo elétrico pulsado promoveram significativa retenção do conteúdo de fenólicos totais, potencial antioxidante, quando comparado com a pasteurização e do conteúdo de antocianina total, quando comparado com o suco sem processamento.

### 2.3.1.1 *Processamento industrial de suco de laranja*

A laranja é considerada uma fruta de padrão de maturação não-climatérica, assim como os demais citros. Não há incremento na produção de etileno ou na taxa de respiração associada com a maturação. Assim, para o processamento de seu suco, ela deve ser colhida madura e quando o produto apresentar as características de qualidade adequadas para o consumo ou para a comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O processo de produção do suco de laranja consiste em várias operações unitárias, em que além do suco, há a possibilidade de obtenção de vários coprodutos, conforme Figura 18.

Após a colheita, as laranjas são transportadas, geralmente em caminhões ou carretas, até o pátio das empresas. Durante o descarregamento dos frutos, uma amostra representativa da carga é coletada e destinada ao laboratório de controle de qualidade, a

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

fim de se avaliar a cor, defeitos e extração do suco. Nesta etapa são monitorados o rendimento, o teor de SS, AT e a razão entre SS/AT. As laranjas passam por processos de lavagem e sanitização, sem que a superfície da fruta seja danificada. A higienização usualmente é realizada por um sistema de aspersão de água quente e clorada, com escovas rotativas.



### ***Facilitando o entendimento***

Para conhecer um pouco o processo industrial de fabricação de suco de laranja, desde a colheita até a chegada dos sucos nas prateleiras dos supermercados, assistam o vídeo: “Por dentro de uma fábrica de suco de laranja - Como é possível?” publicado por Discovery Brasil em 2019: <https://www.youtube.com/watch?v=Zbm4LXnr3j8>. Trata-se de uma fábrica de grande porte.

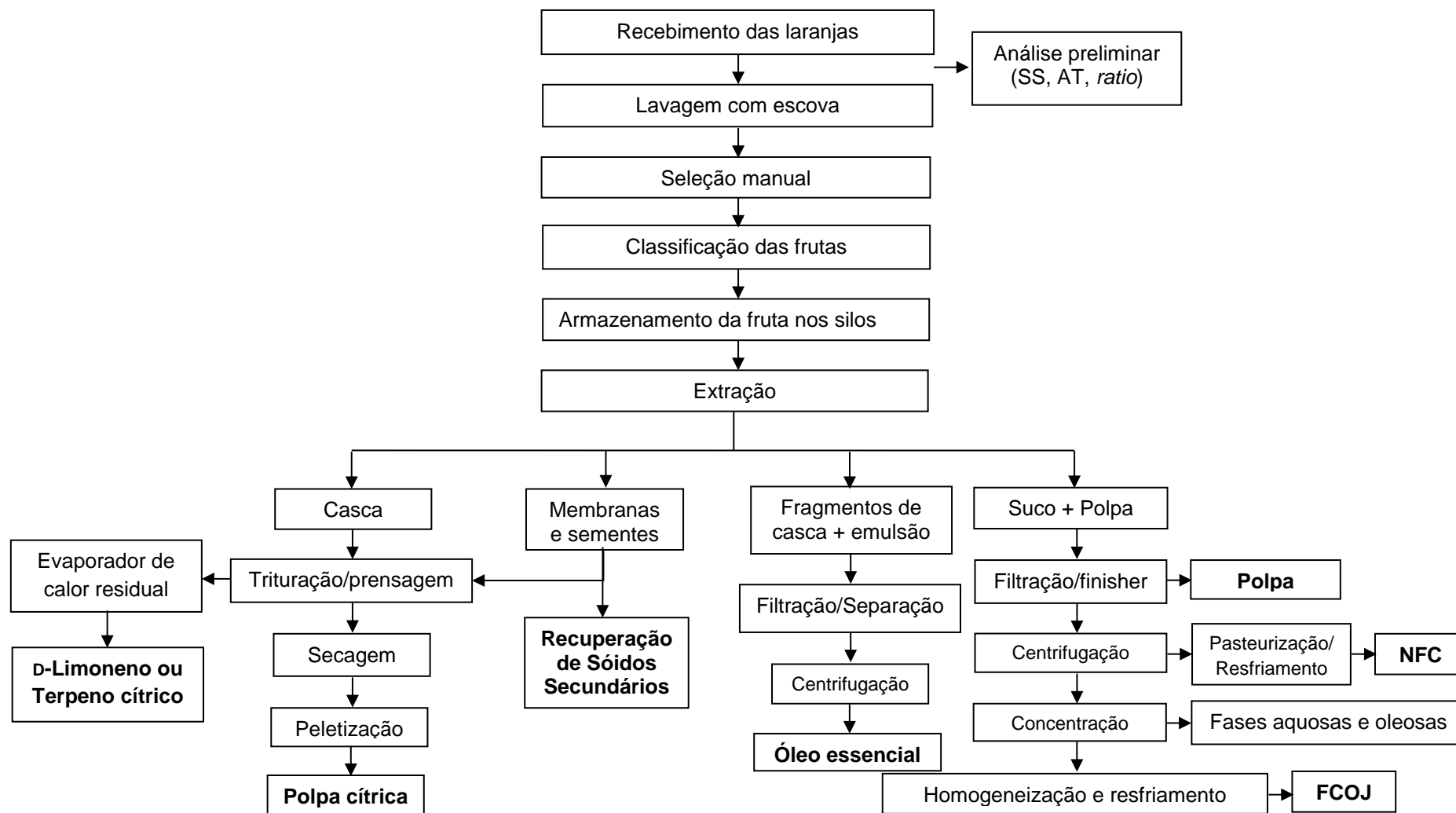


Para conhecer uma unidade de fabricação de suco de laranja de pequeno-médio porte, assista ao vídeo: “Fábrica de suco de laranjas pasteurizado”, publicado por Celso José Schimidt em 2021.



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

Autores: BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS



**Figura 18** – Fluxograma de uma planta de processamento comercial de suco de laranja concentrado e congelado (FCOJ) e Suco de laranja não concentrado.

Fonte: Adaptado de JBT, 2015; Dala-Paula (2017).

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

Em seguida as laranjas são descarregadas em plataformas inclináveis e levadas por meio de esteiras para as mesas de seleção manual. Durante o trajeto, os frutos que apresentarem ferimentos nas cascas, que estiverem excessivamente danificados por ácaros ou contendo sujidades, não apresentarem dimensões adequadas ou apresentarem em estágio avançado de senescência são rejeitados. Os resíduos e os descartes da seleção dos frutos são pesados e enviados à fábrica de ração para serem transformados em farelo de polpa cítrica, a partir do processo de secagem da matéria prima. Será formada uma forragem concentrada que serve de ração para alimentação animal.

As laranjas sadias são classificadas automaticamente por tamanho a fim de permitir o ajuste dos copos das extratoras em função do seu tamanho. Os frutos são transportados por elevadores de canecas aos silos de armazenagem, onde ficarão até serem encaminhados para a etapa de extração (CETESB, 2005; MACHADO, 2010). A etapa de extração é a principal etapa do processo de obtenção do suco diretamente da laranja, e tem por finalidade separar o suco do bagaço, da casca e da semente. Nessa etapa ocorre a separação do suco de laranja, da emulsão que dará origem ao óleo essencial, do bagaço e da casca que darão origem à polpa cítrica e da polpa que poderá ser readicionada ao suco conforme solicitação do cliente.

Na indústria de sucos cítricos há várias extratoras acopladas em série que são projetadas para extrair o máximo de suco, evitando incorporar componentes da casca e óleo essencial. Geralmente as extratoras de suco de laranja são formadas por copos que se interpenetram comprimindo a fruta inteira e separam as frações de interesse comercial (CETESB et al., 2005; RODRIGUES; FERRI, 2012).

A quantidade de suco extraído da laranja pode variar em uma faixa de 35 a 60 mL/100 g dependendo das condições climáticas, da cultivar, do tamanho do fruto e das condições de extração. Durante a etapa de extração, ocorre o rompimento das células de óleo essencial presentes na casca que posteriormente será recuperado e utilizado na produção de compostos para bebidas, cosméticos e produtos químicos. O D-limoneno ou terpeno cítrico é o principal componente do óleo da casca da laranja, sendo utilizado como matéria-prima para a fabricação de resinas sintéticas e adesivos pelas indústrias de plásticos (CITRUSBR, s/d).

Após a extração o suco passa pela etapa de clarificação, uma vez que ainda contém polpa e resíduos de bagaço que devem ser removidos por centrifugação ou em equipamentos denominados *finishers* (despolpadeiras), os quais separam a polpa do suco por filtração. Este processo consiste numa operação na qual o suco é transportado por uma rosca sem fim que aplica uma pressão contra uma peneira (cuja malha é de 0,64 a 1,27 mm) separando assim os sólidos. Em geral, o teor de polpa do suco fica em torno de



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

4%. A polpa pode ser utilizada na produção de outros produtos, como por exemplo, o suco obtido da polpa (*pulp wash*) (RODRIGUES; FERRI, 2012).

Antes do processo de concentração, os sucos são pasteurizados para a inativação de micro-organismos responsáveis pela degradação do suco de laranja e da pectinaesterase, enzima responsável pela desesterificação da pectina. A atividade desta enzima produz metanol e pectina com baixo teor de metoxilação, que complexa com íons  $\text{Ca}^{+2}$  e outros cátions bivalentes presentes no suco, formando precipitados. Esse fenômeno é responsável por uma falha tecnológica considerada grave para a qualidade do suco de laranja, a desestabilização da sua turbidez (*cloud*). Com isso a pectina que antes auxiliava na estabilização da turbidez, perde o seu papel, causando além da redução da turbidez, a alteração do sabor e do aroma (TRIBESS, 2003; CETESB, 2005; MACHADO, 2010).

A concentração do suco de laranja consiste na extração da água de constituição do suco, reduzindo assim sua atividade de água. As temperaturas utilizadas para concentrar o suco são de 90 a 95 °C, em evaporadores à vácuo (RODRIGUES; FERRI, 2012). O SS inicial do suco, geralmente na faixa de 10 a 11 °Brix, aumenta ao final do processo para 65 °Brix, padrão de qualidade do suco de laranja concentrado e congelado. Em seguida, o concentrado é armazenado a -6,6 °C ou temperatura inferior até que seja envasado para a venda. É possível armazenar este produto durante vários anos, desde que em temperaturas adequadas. Assim, a utilização desse método de conservação favorece a produção de suco de laranja reconstituído. Sendo a via de produção de suco, a partir do reconstituído, a mais empregada em todo o mundo (VIEIRA et al., 2010).

Do processo de evaporação do suco de laranja pode-se obter a essência, formada por componentes polares e apolares, dissolvidos em uma fase aquosa e outra oleaginosa. Esse subproduto pode ser readicionado ao suco, assim como pode ser usado para outros fins nas indústrias de bebidas e alimentos (CETESB, 2005; CITRUSBR, s/d).

A indústria de suco concentrado tem se esforçado para reduzir o volume de sucos cítricos por eliminação do conteúdo de água. Esta redução é importante por duas razões principais, primeiro, por facilitar o transporte marítimo reduzindo o tamanho dos containers. Em segundo lugar, por ser vantajoso do ponto de vista de conservação, possibilitando o seu consumo fora do período de colheita. A especificação suco de laranja concentrado e congelado (FCOJ) se refere ao suco de laranja com teor de SS igual ou superior a 42,0 °Brix (VIEIRA, 2006; FLORIDA DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND CONSUMER SERVICES, 2016). O suco de laranja originário do Brasil é conhecido por sua elevada qualidade; além disso, o país é o maior produtor e exportador mundial de FCOJ.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### 2.3.2 Processamento geral de polpas

O processamento de polpas de frutas envolve diversas etapas inerentes ao pré-processamento da matéria-prima, dentre elas: recepção da matéria-prima; pré-lavagem, lavagem e sanitização; seleção; descascamento, corte e descaroçamento (realizado apenas para algumas frutas, como abacaxi e maracujá, por exemplo). As etapas do pré-processamento de frutas, anteriormente apresentadas neste capítulo não serão descritas novamente, para tanto recomenda-se a leitura do tópico 2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE FRUTAS.

#### **Descascamento**

O descascamento pode ser realizado manualmente, sendo recomendado a sua execução em salas com iluminação adequada para evitar a contaminação das frutas com resíduos das cascas e talos, por exemplo. Esta etapa também pode ser realizada mecanicamente, por meio de lâminas ou envolvendo a adição de produtos químicos, como a adição de NaOH, utilizado em frutas que apresentam casca fina (pêssego, goiaba, caju e figo) e quando se deseja a sua remoção (RODRIGUES; FERRI, 2012).

#### **Desintegração ou trituração**

Esta etapa é realizada para algumas frutas que são encaminhadas para moinhos trituradores, sendo o tipo do moinho escolhido a partir das características da matéria-prima. Considerando o elevado conteúdo de enzimas do grupo polifenoloxidasas e peroxidases em algumas frutas, assim como seus respectivos substratos, imediatamente após a trituração destas frutas (banana e maçã, por exemplo) se inicia o escurecimento. Assim, com o objetivo de evitar esta alteração, pode-se realizar a trituração à quente, a partir do emprego de vapor de água potável aquecida para se promover a inativação enzimática.

Este processo, semelhante ao branqueamento, também pode ser realizado por imersão em água em temperatura de ebulição, durante aproximadamente 5-7 minutos, em goiabas destinadas ao preparo de polpa líquida. As polpas líquidas são geralmente acondicionadas em garrafas, sendo extraídas à quente e esterilizadas por processamento térmico adequado. Para consultar um fluxograma de produção de polpa de goiaba a quente, consulte Oliveira e Lemos (2015).

#### **Despolpamento**

Algumas frutas são encaminhadas diretamente para as despolpadeiras, equipamentos contendo cilindros que esmagam a fruta contra uma peneira que retém as cascas, o material fibroso e as sementes, deixando passar somente a polpa. Nesta etapa,

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

deve-se assegurar da manutenção da integridade das sementes, evitando que elas sejam esmagadas para possibilitar a sua remoção (SANTOS; OLIVEIRA, 2015).

Além disso, as sementes de muitas frutas contêm compostos que apresentam gosto amargo que poderiam comprometer a qualidade da polpa obtida. Assim como a etapa de desintegração, o despulpamento pode ser realizado a quente ou a frio, a depender da matéria-prima. Àquelas frutas mais sensíveis, cujo aquecimento interferiria significativamente na qualidade sensorial da polpa obtida, e que na ausência deste processo ocorreria o escurecimento da polpa, deve-se empregar soluções ácidas contendo substâncias antioxidantes, a exemplo do ácido ascórbico. A solução deve ser aplicada diretamente sobre a fruta, enquanto são despulpadas (RODRIGUES; FERRI, 2012).

### **Refino**

Nesta etapa a polpa obtida é passada por peneiras com o objetivo de eliminar o excesso de materiais fibrosos, impurezas ou sementes que tenham passado pela peneira das despulpadeiras. Para cada fruta pode ser utilizada peneiras com diferente dimensão dos poros

### **Homogeneização/formulação**

O material obtido após a etapa de refino deve ser encaminhado para tanques ou tachos de aço inoxidável, a depender da dimensão da planta de processamento, a fim de se realizar a homogeneização ou formulação das polpas. Nesta etapa, uma amostragem deve ser coletada a fim de se realizar os ensaios laboratoriais para verificar a necessidade de adequação dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. A IN nº 01, de 7 de janeiro de 2000 e a IN nº 37, de 1 de outubro de 2018 apresentam os parâmetros para o PIQ de polpa de diversas frutas (BRASIL, 2000, 2018). As possíveis especificações para as polpas contempladas pelas IN são:

- Sólidos solúveis (°Brix a 20 °C)
- Sólidos totais (g/100 g)
- Acidez total (ácido cítrico g/100 g)
- Açúcares totais naturais da fruta (g/100 g)
- Ácido ascórbico (mg/100 g)
- pH

A IN 01/2000 e a Resolução RDC nº 7, de 6 de março de 2013 (BRASIL, 2013) autorizam a utilização de aditivos químicos e coadjuvantes de tecnologia. Sendo o aditivo, geralmente acrescido à polpa nesta etapa.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

### **Tratamento térmico**

A pasteurização consiste no tratamento térmico mais empregado para polpas comercializadas congeladas. Este processo prevê o aquecimento do produto em temperaturas entre 90-95 °C, com manutenção do aquecimento por cerca de 1 minuto. Este processamento visa reduzir a carga microbiológica, mantendo assim, as características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais da polpa.

### **Envase**

As polpas obtidas são envasadas em embalagens, geralmente de polietileno com tamanhos variados. Na sequência, os produtos embalados são encaminhados para o congelamento. Caso a polpa produzida seja comercializada de forma líquida, elas são envasadas em garrafas de vidro, com fechamento hermético, que são submetidas ao processo de esterilização comercial.

### **Congelamento/Acondicionamento**

Recomenda-se que o congelamento seja realizado no menor tempo possível, a fim de se garantir a qualidade da polpa de fruta, em especial, a aparência global e a consistência. O acondicionamento das polpas congeladas deve ser realizado em câmaras frias com temperatura entre -18 e -22 °C, podendo também ser utilizados freezers domésticos com temperatura entre -8 e -10 °C, o que reduziria a vida útil das polpas produzidas.

A tecnologia para a produção de derivados de frutas é um assunto extremamente abrangente, considerando a grande diversidade de frutas e as inúmeras possibilidades de processamento. Neste capítulo foram ilustrados alguns dos produtos mais comuns à base de frutas, no entanto, existem outros que aqui não foram contemplados devido ao propósito deste livro, focado nos mais diversos produtos de origem vegetal. Para detalhes sobre outros processos e aplicações específicas para determinadas frutas e hortaliças, recomenda-se a leitura de Bauer; Wally e Peter (2014); Cenci (2011); Ferreira (2011); Oliveira e Santos (2015).

## **2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando o relatório publicado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2021, que trouxe um alerta global sobre a desperdício de alimentos identificados no ano de 2019, correspondente a 931 milhões de toneladas e equivalente a cerca de 17% da produção mundial de alimentos ao longo do ano (ONU, 2021), faz-se necessária a

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

conscientização de todos os envolvidos nos diferentes sistemas alimentares e tomada de ação para reversão deste quadro. No Brasil, uma pesquisa realizada pela EMBRAPA, em parceria com a Fundação Getúlio Vargas e publicada em 2018, identificou uma média de desperdício por família brasileira, de 353 g de alimentos por dia, o que somam 41,6 Kg de alimentos desperdiçados ao longo do ano (PORPINO et al., 2018).

Nesse contexto de elevado desperdício de alimentos, o Brasil retorna em 2020, para o mapa da fome, ao apresentar acima de 5% de sua população em situação de insegurança alimentar e nutricional grave (FAO, 2020b). Além disso, o contexto da pandemia de COVID-19, junto ao retrocesso nos investimentos às políticas sociais percebido desde 2016, com redução significativa a partir de 2018, contribuíram com o aumento do estado de insegurança alimentar e nutricional da população.

A aplicação do conteúdo técnico apresentado neste capítulo, pautado no pré-processamento e processamento de diferentes produtos derivados de frutas pode auxiliar na redução de perdas e desperdícios deste grupo de alimentos. Apesar de muitos alimentos processados de frutas serem adicionados de açúcar ou outros ingredientes que os tornam menos saudáveis, ainda sim são alternativas para melhor aproveitamento de frutas que não seriam consumidas *in natura*, aumentando a vida útil e possibilitando uma complementação na alimentação e renda da família brasileira. Todas as tecnologias apresentadas e discutidas neste capítulo são possíveis de serem executadas em pequenas, médias e grandes unidades de produção, bastando apenas a adaptação dos utensílios, equipamento e quantidade de matéria-prima.

Os autores esperam que este material seja disponibilizado para o maior número de pessoas, contemplando não apenas estudantes e professores interessados na temática, mas também aos profissionais envolvidos com a produção de alimentos. Dessa forma, espera-se contribuir com a produção segura e sustentáveis de alimentos processados, a fim de minimizar as perdas e desperdícios e contribuir com o aumento da oferta de alimentos à mesa da família brasileira.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS



### Facilitando o entendimento

Para conhecer um pouco mais sobre o processamento de polpas de frutas e visualizar as etapas descritas neste capítulo, acompanhe o vídeo intitulado: “Empresa de polpa de fruta mostra toda estrutura de qualidade”, publicado pela TV Cidade Verde em 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=-PHliBQYwXI>



Acompanhe também o vídeo intitulado: “Virgolância – MG: Fábrica de polpa de fruta mostra toda estrutura de qualidade”, publicado pelo Jornal a Voz de Minas em 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=ynZwqwDheu0>. Neste vídeo uma unidade de fabricação de polpa de frutas é apresentada, demonstrando todas as etapas envolvidas na produção de polpa de maracujá.



O vídeo a seguir apresenta uma agroindústria de polpa e frutas congeladas. Não deixe de assistir para acompanhar o passo a passo e conhecer outra iniciativa de beneficiamento de frutas. O vídeo é intitulado: “Agroindústria de polpas de frutas no Espírito Santo”, publicado por TAEFRUT Comércio e Beneficiamento de Polpas Eireli em 2019. [https://www.youtube.com/watch?v=MPh91f\\_Fo0](https://www.youtube.com/watch?v=MPh91f_Fo0).



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASÍLIA. **Aprenda a forma correta de higienizar alimentos e embalagens**. Website, 2020. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/04/17/aprenda-a-forma-correta-de-higienizar-frutas-verduras-legumes-e-embalagens/>. Acesso em: 05 nov. 2021.

ATUONWU et al. High-pressure processing, microwave, ohmic, and conventional thermal pasteurization: Quality aspects and energy economics. **Journal of Food Process Engineering**, [S.l.], v. 43, n. e13328, pp. 1-12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13328>. Acesso em: 27 mar. 2022.

BAUER, V. R. P.; WALLY, A. P.; PETER, M. Z. **Tecnologia de frutas e hortaliças**. Editora da Natal: UFRN, 2014, 126 p.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

BEVILACQUA, H. C. de R. Classificação das hortaliças. In: MARTINS, A. L. C.; BEVILACQUA, H. E. C. de R.; SHIRAKI, J. M. **Horta: Culvito de hortaliças**, São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, pp. 1-7, 2006.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. Aprova o Regulamento Técnico; "Condições Higiênicos-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos". **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F., 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 368, de 4 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F. 1997.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 352, de 23 de dezembro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva e a lista de verificação das boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF. 2002. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0352\\_23\\_12\\_2002.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0352_23_12_2002.html). Acesso em: 20 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para suco tropical e néctar de diversos sabores. **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F., 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-12-de-4-de-setembro-de-2003.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 272, 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 814, p. 374-375, 23 set. 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-272-de-22-de-setembro-de-2005.pdf/view>. Acesso em: 18 mar. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução. Resolução da Diretoria Colegiada nº 14, de 28 de fevereiro de 2007. Aprova regulamento técnico para produtos com ação antimicrobiana, harmonizado no âmbito do Mercosul, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília: D.F., 2007. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0014\\_28\\_02\\_2007.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0014_28_02_2007.html). Acesso em: 05 nov. 2021.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F., 1994. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm). Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução. Resolução da Diretoria Colegiada nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União:** Brasília, D.F., 2012. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054\\_12\\_11\\_2012.html?msclkid=3cb7c202ae4311eca08bc65c592701df](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html?msclkid=3cb7c202ae4311eca08bc65c592701df). Acesso em: 28 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 7, de 6 de março de 2013. Dispõe sobre a aprovação de uso de coadjuvantes de tecnologia para fabricação de produtos de frutas e de vegetais (incluindo cogumelos comestíveis). **Diário Oficial da União:** Brasília, D.F., 2013. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0007\\_06\\_03\\_2013.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0007_06_03_2013.html). Acesso em: 29 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 42, de 11 de setembro de 2013. Altera o art. 3º da IN nº 12, de 04 de setembro de 2003. **Diário Oficial da União:** Brasília, D.F. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-42-de-11-de-setembro-de-2013.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018a. Estabelece, na forma dos anexos desta IN, os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade já fixados pelo MAPA através da IN MAPA nº 49, de 26 de setembro de 2018. **Diário Oficial da União:** Brasília, D.F. 2018a. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612). Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018b. Estabelece em todo o território nacional a complementação dos padrões de identidade e qualidade de suco e polpa de fruta. **Diário Oficial da União:** Brasília, D.F. 2018b. Disponível em: [https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/42586576/do1-2018-09-27-instrucao-normativa-n-49-de-26-](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/42586576/do1-2018-09-27-instrucao-normativa-n-49-de-26-). Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União:** Seção 1, Brasília, DF, n. 249, p. 133, 26 dez. 2019. Disponível em: [http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/U\\_IN-MS-ANVISA-60\\_231219.pdf?msclkid=584d566aa6f111ecb753d119d60527ce](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/U_IN-MS-ANVISA-60_231219.pdf?msclkid=584d566aa6f111ecb753d119d60527ce). Acesso em: 18 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução da Diretoria Colegiada nº 281, de 29 de abril de 2019. Autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. **Diário Oficial da União: Brasília,** D.F., 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-281-de-29-de-abril-de-2019.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 429, de 8 de outubro de 2020a. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União: Brasília,** D.F., 2020a. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599?msclkid=52ab306dae4211eca047e26fb35b376c>. Acesso em: 27 mar. 2022.



## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União: Brasília**, D.F., 2020b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143?msckid=85699c9dae4211ecab66f9f4e76bb8e4>. Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2ª edição, Brasília, 2014. 156 p. Disponível em: [https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_alimentar\\_populacao\\_brasileira\\_2ed.pdf](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf). Acesso em: 02 nov. 2021.

CENCI, S. A. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças** – Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011, 144 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Cítricos**, São Paulo, SP: CETESB, 45 p., 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 31 nov. 2012.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**, 2ª ed. revisada e ampliada, Lavras: Editora da UFLA, 2005, 543 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: Editora da UFLA, 2006, 256 p.

CITRUSBR, **Laranja e suco, produtos e subprodutos**. Data de publicação não informada. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/laranjaesuco/?ins=19>. Acesso em: 16 mai. 2017.

COSTA, B. V. de L. et al., Ambiente alimentar: Validação de método de mensuração e caracterização em território com o Programa Academia da Saúde. **Cad. Saúde Pública**, v. 34, n. 9, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00168817>. Acesso em: 02 nov. 2021.

DALA PAULA, B. M. **Efeitos do Huanglongbing (HLB) na composição química e características sensoriais de suco de laranja**. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 2017, 131 p. (Tese de doutorado em Ciência de Alimentos).

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical yearbook – **World food and agriculture 2020**. Rome: FAO, 2020a, 336 p. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>. Acesso em: 02 nov. 2021.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Hunger map 2020**, FAO. (Website) 2020b. Disponível em: [https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000118395/download/?\\_ga=2.248889031.1350351117.1617204027-262256467.1617204027](https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000118395/download/?_ga=2.248889031.1350351117.1617204027-262256467.1617204027). Acesso em: 18 maio 2022.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. International Year of Fruits and Vegetables 2021 (website). Disponível em: <https://www.fao.org/fruits-vegetables-2021/en/>. Acesso em: 02 nov. 2021.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos:** princípios e prática. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 922 p.

FERREIRA, M. D. **Tecnologias pós-colheita em frutas e hortaliças.** São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011, 286 p.

FLORIDA DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND CONSUMER SERVICES. **Florida citrus statistics** 2014-2015, 115 p., 2016.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos:** qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos. 2 ed. São Paulo: Varela, 2003.

GOMES, C. A. O. et al. **Hortaliças minimamente processadas.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 34 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saúde 2019** – Atenção primária à saúde e informações antropométricas. Rio de Janeiro: IBGE, 2020, 66p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101758.pdf>. Acesso em 01 out. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018** – Análise do consumo alimentar pessoal do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020, 120 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101670.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.

JACULI, M. F. L. Fundamentos da Higienização. In: JACULI, M. F. L. **Avaliação do uso de agentes saneantes nos serviços de alimentação coletiva.** Monografia apresentada ao Centro de Excelência em Turismo como requisito parcial para a obtenção de título de Especialista em Qualidade de Alimentos, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2009. Disponível em: [http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1124/1/2009\\_MarcusFernandoLimaJaculi.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1124/1/2009_MarcusFernandoLimaJaculi.pdf). Acesso em: 05 nov. 2021.

JBT. **Linha de processamento de citros.** 8 p, 2015. Disponível em: [http://www.jbtfoodtech.com/~media/JBT%20FoodTech/Images/Modules/Citrus%20Processing/PDF/409\\_PT%20Citrus-Processing%20Line\\_LR.ashx](http://www.jbtfoodtech.com/~media/JBT%20FoodTech/Images/Modules/Citrus%20Processing/PDF/409_PT%20Citrus-Processing%20Line_LR.ashx). Acesso em: 25 de jul. 2017.

KROLOW, A. C. R. **Hortaliças em conserva.** Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006, 40 p.

LIMA, F. da S. **Saneantes para indústria de alimentos:** Informações gerais sobre saneantes utilizados na indústria alimentícia – São Paulo: Agência USP de Inovação, 2016, 10 p. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/>. Acesso em: 05 nov. 2021.

LOPES, R. L. T. Dossiê Técnico - **Fabricação de geleias.** 2007. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC Técnicas. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br>. Acesso em: 23 fev. 2022.

MACHADO, T.V. **Avaliação sensorial e físico-química do suco de laranja proveniente das etapas do processamento do suco concentrado e congelado.** Araraquara: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 117 p., 2010. (Dissertação de mestrado em Alimentos e Nutrição).

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

MENDONÇA, C.R.B.; BORGES, C.D. **Tecnologia de frutas e hortaliças:** produtos minimamente processados e refrigerados, 2 ed. revisada e ampliada. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária PREC – UFPEL, 2012, 96p.

NESPOLO, C. R. **Práticas em tecnologia de alimentos**, Porto Alegre: Artmed, 2015, 205 p.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. Processamento de hortaliças. In: OLIVEIRA; E. N. A.; SANTOS, D. C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015, pp. 71-88.

OLIVEIRA, E. N. A.; LEMOS, D. M. Processamento da goiaba. In: OLIVEIRA; E. N. A.; SANTOS, D. C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015, pp. 89-110.

OLIVEIRA, E. N. A.; FEITOSA, B. F.; SOUZA, R. L. A. **Tecnologia e processamento de frutas:** doces, geleias e compotas. Natal: IFRN, 2018. 316 p.

ONU - Organização das Nações Unidas. Programa das Nações Unidas para o Ambiente. **Relatório do índice de desperdício alimentar**. Nairobi: ONU, 2021. 100 p.

PEREIRA, J. M. et al. Elaboração e avaliação de geleia mista de caqui e morango. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 11, n. 6, p. 101-105, 2017.

PORPINO, Gustavo et al. Intercâmbio Brasil – União Europeia sobre desperdício de alimentos. **Relatório final de pesquisa**. Brasília: Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil., 2018, 40 p. Disponível em: <http://www.sectordialogues.org/publicacao>. Acesso em: 09 mar. 2022.

RODRIGUES, R. S.; FERRI, V. C. **Tecnologia de frutas e hortaliças:** Tecnologia de polpas e sucos de frutas e hortaliças, 2 ed. ver. e ampl. Pelotas: Editora Universitária da UFPEL, 2012, 83 p.

SANTANA, A. **Sanitização e desinfecção: diferenças, benefícios, cuidados e os principais químicos**. Food Safety Brazil, 2016 (Website). Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/sanitizacao-e-desinfeccao-diferencas-beneficios-cuidados-e-os-principais-quimicos/?cn-reloaded=1>. Acesso em: 25 maio 2022.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A. Processamento de frutas. In: OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**, Natal: IFRN editora, 2015, pp. 37-70.

SANTOS, Y. M. G. dos. Contextualização sobre frutas e hortaliças. In: OLIVEIRA, E. N. A. de; SANTOS, D. da C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015, 234 p.

SCHMIDT, F. L. et al. **Pré-processamento de frutas, hortaliças, café, cacau e cana-de-açúcar**, 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, 153 p.

SCHMIDT, R. H. Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations. **UF IFAS Extension**, University of Florida, US, FS14, pp. 1-11, 2018. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CFS%5CFS07700.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

## Cap. 2 – TECNOLOGIA DE FRUTAS

**Autores:** BRUNO M. DALA-PAULA, BIANCA SARZI DE SOUZA & BRÍGIDA M. VILAS BOAS

SILVA, N. C. da; BUENO, S. M. Alimentos minimamente processados: Tendência de mercado no século XXI. *Revista Científica* [S.l.], v. 1, n. 1, 2022. Disponível em: <http://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/643>. Acesso em 20 mar. 2022.

SOLER, M. P. et al. **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991a, 205p. (ITAL. Manual técnico, 8).

SOLER, M. P. et al. **Industrialização de geleias**. Campinas: ITAL, 1991b, 71p. (ITAL. Manual técnico, 7).

TORREZAN, R. **Manual para produção de geleias de frutas em escala industrial**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CTAA, 1998, 27 p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 29).

TORREZAN, R. **Recomendações técnicas para a produção de frutas em calda em escala industrial**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2000. 39 p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos, 41).

TRIBESS, T.B. **Estudo da cinética de inativação térmica da pectinaesterase em suco de laranja natural minimamente processado**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 117 p., 2003 (Dissertação de mestrado em Engenharia).

VIEIRA, S.M. **Metodologia analítica para aminas bioativas como índice da autenticidade e da proporção de suco em refrigerante de laranja**. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG. 121 p., 2006. (Tese de doutorado em Ciência de Alimentos).

VIEIRA, S.M.; SILVA, T.M.; GLÓRIA, M.B.A. Influence of processing on the levels of amines and proline on the physico-chemical characteristics of concentrated orange juice. *Food Chemistry*, v. 119, p. 7-11, 2010.

YILDIZ, S. et al. Changes in quality characteristics of strawberry juice after equivalent high pressure, ultrasound, and pulsed electric fields processes. *Food Engineering Reviews*, [S.l.], pp. 1-12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09250-z>. Acesso em: 27 mar. 2022.



**Autores:** Bruno Martins Dala-Paula

## **TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS**

As hortaliças, assim como as frutas, são alimentos altamente perecíveis, o que pode favorecer perdas e desperdícios ao longo de diferentes sistemas alimentares. A partir disso, este capítulo contempla diferentes tecnologias de produção de derivados de hortaliças, como: o processamento mínimo, conservas, fermentação e desidratação. O consumo frequente e regular de hortaliças provenientes de sistemas alimentares saudáveis e sustentáveis proporciona diversos benefícios à saúde. Apesar disso, o seu consumo pela população brasileira ainda está aquém do recomendado. Vários são os fatores associados a isto, porém, este capítulo foca no beneficiamento de hortaliças, visando contribuir com a formação de diferentes profissionais que trabalham com esses alimentos.



### 3 TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

A produção mundial de vegetais atingiu 1,08 bilhões de toneladas, sendo destas, 8.990 mil toneladas produzidas no Brasil, com a participação de 0,83% da produção mundial (FAO, 2020). A última Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018 publicada, demonstra que os legumes e verduras representam a cerca de 3,6% das despesas monetárias e não monetárias média mensal familiar por domicílio no Brasil (IBGE, 2020). Segundo Schmidt et al. (2015), comparativamente às frutas, os dados referentes à produção e comercialização de hortaliças são escassos e contraditórios no Brasil, sendo que boa parte não é computada, por ocorrer em pequenas propriedades rurais, não sendo distribuída nos entrepostos de abastecimentos como nos grandes centros urbanos.

São chamadas de hortaliças as partes das plantas que não pertencem ao grupo de frutos e cereais e que são consumidas frescas, cruas ou processadas na alimentação humana sem a necessidade de prévia industrialização. Pode-se também considerar como hortaliças as espécies cultivadas em hortas. Considerando a elevada quantidade de espécies de hortaliças, a sua classificação não se torna uma tarefa fácil. Bevilacqua (2013) apresenta a classificação de hortaliças adotada pelo Sistema Nacional de Centrais de Abastecimento, sendo agrupadas em:

- (i) Hortaliças tuberosas: as hortaliças em que as partes convencionalmente comestíveis se desenvolvem no interior do solo, a exemplo dos tubérculos (batata e cará), rizomas (inhame), bulbos (cebola e alho) e raízes tuberosas (cenoura, beterraba e batata-doce);
- (ii) Hortaliças herbáceas: caracterizadas pelas hortaliças cujas partes convencionalmente comestíveis são colhidas acima do solo, podendo ser derivadas de diferentes partes do vegetal: folhas (alface, taioba, repolho, espinafre); talos e hastes (aspargo, aipo, funcho), flores e inflorescência (couve-flor, brócolis, alcachofra);
- (iii) Hortaliças-fruto: caracterizada pelas hortaliças cujas partes convencionalmente comestíveis são os frutos, em seu estado verde ou maduro, a exemplo do pimentão, quiabo, tomate, jiló, berinjela e abóbora.

Uma segunda forma de classificação, popularmente mais empregada e mais simples, envolve apenas dois grandes grupos, o de (i) verduras e (ii) legumes.

Chitarra e Chitarra (2006) apresentam cinco classificações para as hortaliças, sendo elas: (i) hortaliças tuberosas, contemplando os bulbos, tubérculos ou raízes tuberosas; (ii) herbáceas, incluindo as folhas, caules e inflorescências; (iii) condimentos:

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

exemplificadas por quaisquer partes dos vegetais que são utilizados para temperar (fornecer sabor aos alimentos); (iv) plantas complementares, a exemplo do aipim, batata-doce, batatinha, cará e; (v) hortaliças frutos, englobando os frutos imaturos, maduros ou sementes.

O Guia alimentar para a população brasileira preconiza a presença de frutas e hortaliças provenientes de um sistema alimentar sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental como componentes de uma alimentação saudável (BRASIL, 2014). As hortaliças, assim como as frutas, são fonte de vitaminas, minerais, fibras e geralmente possuem baixa densidade energética. São também fontes de água e diversos compostos bioativos. Essas características são gerais, mas existem exemplos que fogem à regra, a exemplo da mandioca e batata, que possui elevado teor de carboidratos (amido) e menor conteúdo de água, quando comparado ao tomate e a alface. Devido à composição química, ao pH pouco ácido de muitas delas, assim como ao teor de atividade de água, as hortaliças se mostram perecíveis, com baixa vida útil. Para tanto, o armazenamento em temperatura e umidade relativa controlada pode minimizar as alterações pós-colheitas (Tabela 6).

**Tabela 6** – Condições de temperatura e umidade relativa e período de armazenamento comercial de algumas hortaliças.

Produto	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Período (semanas)
<b>Hortaliças</b>			
Alho	0	65-70	24-28
Alface	0	98-100	2-3
Abobrinha	5-10	95	1-2
Broto de feijão	0	95-100	1
Beterraba	0	98-100	16-24
Brócolis	0	95-100	2
Berinjela	8-12	90-95	1
Couve-flor	0	95-98	3-4
Couve	0	95-100	2
Cenoura	0	98-100	28-36
Cebola	0	95-100	3-4
Moranga	10-13	50-70	8-12
Pepino	10-13	95	1-2
Pimentão	9-13	90-95	2-3
Quiabo	7-10	90-95	1-2
Repolho tardio	0	98-100	20-24
Rabanete	0	95-100	2-4
Salsa	0	95-100	8-10
Tomate verde-maduro	13-21	90-95	1-3
Tomate maduro firme	8-10	90-95	4-7

Fonte: Adaptado de Chitarra e Chitarra (2005).

## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

Além das hortaliças convencionalmente disponíveis no mercado consumidor, existem aquelas denominadas por alguns autores como plantas alimentícias não-convencionais (PANC), que geralmente apresentam menores restrições de cultivo e possuem maior valor nutricional. Como exemplo de hortaliças não convencionais, pode-se citar a ora-pro-nóbis, a serralha, o almeirão roxo, as folhas da taioba, a beldroega, a azedinha e inúmeras outras. Essas hortaliças são de grande importância para complementar a alimentação de muitas famílias, no entanto, ainda precisam ser mais pesquisadas, a fim de se possibilitar o aproveitamento de todo o seu potencial nutritivo, tecnológico, sensorial e as colocar em evidência para incentivo ao seu consumo. Além disso, a produção e emprego das hortaliças não-convencionais na alimentação é importante para o fortalecimento da identidade cultural, manutenção da biodiversidade e empoderamento de comunidades tradicionais que sobrevivem a partir do seu extrativismo sustentável (coleta) e consumo. O Grupo de Pesquisa em Alimentos e Saúde (GrAS) da UNIFAL-MG possui alguns projetos de pesquisa em andamento, contemplando a caracterização de compostos bioativos, sua bioacessibilidade e utilização e emprego de diferentes tecnologias de processamento, a fim de se obter produtos alimentícios com elevada qualidade nutricional, sensorial, sustentáveis e que fortaleçam ao seu consumo.

### 3.1 TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS EM CONSERVAS

O processamento de hortaliças visa a manutenção de determinadas características nutricionais e sensoriais, possibilitando a oferta para as mais diversas regiões (mesmo aquelas cuja produção não é favorável), ao longo de todo o ano. Além disso, o processamento aumenta a sua vida útil, contribui com o desenvolvimento de novas características sensoriais, além de agregar valor e reduzir perdas e desperdícios.

A Resolução RDC nº 352, de 23 de dezembro de 2002, dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e hortaliças em conserva (BRASIL, 2002). Segundo a RDC 352/2002, **hortaliça em conserva** é definida como:

Produto preparado com tubérculos, raízes, rizomas, bulbos, talos, brotos, folhas, inflorescências, pecíolos, frutos e cogumelos cultivados, cujas partes comestíveis são envasadas praticamente cruas, reidratadas ou pré-cozidas, imersas ou não em líquido de cobertura apropriado, submetidas a processamento tecnológico antes ou depois de fechadas hermeticamente nos recipientes utilizados a fim de evitar sua alteração.



## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

Apesar das frutas não serem o foco deste capítulo, a definição de fruta em conserva, conforme a referida resolução será apresentada, a fim de ampliar a compreensão acerca deste produto alimentício derivado de vegetais:

**Fruta em Conserva:** é o produto preparado com frutas frescas, congeladas ou previamente conservadas, inteiras ou em pedaços ou em forma de polpa, envasadas praticamente cruas ou pré-cozidas, imersas ou não em líquido de cobertura adequado, podendo conter opcionalmente outros ingredientes comestíveis e, finalmente, submetidas a adequado tratamento antes ou depois de fechadas hermeticamente nos recipientes para isso destinados, a fim de assegurar sua conservação.

Além dessas conservas a RDC apresenta a definição de outras categorias, estabelecidas a partir do pH da matéria-prima utilizada ou de equilíbrio (pH final, após realização de todas as etapas do processo, incluindo o processamento térmico), incluindo a forma adotada para a acidificação e por marinação. Essas classes apresentam as seguintes especificações:

- (i) **Hortaliça (e ou fruta) em conserva de baixa acidez:** aquelas com pH e atividade de água superiores a 4,5 e 0,85, respectivamente, devendo, por isso, necessariamente ser submetido ao tratamento térmico de esterilização para a garantia da segurança microbiológica, eliminando os riscos provenientes de quaisquer contaminações com *Clostridium botulinum*;
- (ii) **Hortaliça (e ou fruta) em conserva acidificada artificialmente:** cujas matérias-primas possuem baixa acidez e por isso se realiza a acidificação artificial com ácido orgânico ou alimento ácido para obter pH final igual ou inferior a 4,5, exigindo tratamento térmico de pasteurização;
- (iii) **Hortaliça acidificada por fermentação:** a acidificação acontece pela fermentação láctica, até que o pH final seja igual ou inferior a 4,5, exigindo assim, a realização da pasteurização para a sua conservação;
- (iv) **Hortaliça (e ou fruta) naturalmente ácida:** aquelas cujo pH das matérias-primas são inferiores a 4,5, sendo também necessária a realização da pasteurização. Essa classe permite a adição de açúcar.
- (v) **Hortaliça marinada:** compreende as hortaliças acondicionadas em óleo comestível, podendo ou não ser utilizado condimentos, sendo artificialmente acidificada e exigindo o tratamento térmico de pasteurização à temperatura da água em ebulição (BRASIL, 2002).

As boas práticas de produção para as frutas e hortaliças em conserva não permitem a reutilização de embalagens, que devem ser íntegras, limpas, de material apropriado.

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

Além disso, é exigido o desenvolvimento e adoção de Procedimentos Operacionais Padronizados acerca da higienização das matérias-primas, contemplando informações sobre a matéria-prima a ser higienizada, método de lavagem, sanitização (quando aplicável), caracterizando o princípio ativo, concentração e tempo de contato. Caso haja o emprego de outros métodos químicos e ou físicos, todos os parâmetros de efetividade do processo devem ser claros e objetivamente descritos.

O processamento geral da produção é apresentado na Figura 19.



**Figura 19** – Fluxograma geral de produção de hortaliça em conserva.  
Fonte: Adaptado de Krolow (2006).

Inicialmente, deve-se realizar o pré-processamento das matérias-primas, conforme descrito no Capítulo 2, item “2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE FRUTAS”, deste livro. É importante lembrar que todas as etapas necessitam ser realizadas em local protegido, limpo e isolado da área de produção, a fim de evitar a contaminação cruzada. Todas as matérias-primas devem apresentar parâmetros de qualidade (sensorial, microbiológica, físico-química) adequados ao fim que se destina, considerando que este aspecto será fundamental para a qualidade do produto final.

A **colheita** das matérias-primas deve ser realizada em períodos do dia em que a temperatura não se encontra elevada, a fim de evitar perdas excessivas de água. Além disso, é importante garantir a utilização de materiais plásticos para o transporte, evitando

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

o contato das hortaliças diretamente com o solo. A **recepção** deve prever todas as etapas de inspeção e caso haja a necessidade, a hortaliça deve ser armazenada em ambiente refrigerado, com temperatura entre 3 e 5 °C. A **seleção** deve garantir uniformidade no grau de maturação, tamanho e integridade.

Conforme bem discutido no Capítulo 2, item 2.1 deste livro, a **higienização** deve compreender as etapas de **lavagem** e **sanitização**. O **enxague** é necessário para remover resíduos da solução sanitizante e evitar formação de *off flavor* durante o processamento. A depender da hortaliça, pode-se realizar o seu **descasque**, conforme a preferência dos consumidores. O **corte** da hortaliça também pode ou não acontecer a depender do tipo de hortaliça em conservas que se deseja produzir e das preferências dos consumidores. Para algumas hortaliças é interessante que o corte e o descasque sejam realizadas após a etapa de branqueamento, a fim de reduzir a lixiviação de compostos bioativos, minerais e vitaminas hidrossolúveis para a água (considerando que o branqueamento seja realizado por imersão em água fervente e não por vapor quente).

Após a execução adequada da etapa do **branqueamento**, cujos parâmetros são específicos para cada hortaliça, a carga microbiológica da matéria-prima estará reduzida e as enzimas que interferem negativamente no processo de escurecimento e alteração da textura e do sabor, estarão inativas. O processo também é fundamental para eliminar o



excesso de oxigênio presente nos tecidos vegetais. Na sequência, as hortaliças devem ser transferidas delicadamente para as embalagens (de primeiro uso, conforme preconizado pela RDC 352/2002), para o **enchimento** (Figura 20). Krolow (2006) recomenda a utilização de embalagens de vidro (mais atrativas ao consumidor), após sua lavagem e das tampas com água potável e detergente neutro, enxague com água potável e eliminação do excesso da água, o que pode dispensar a fervura das embalagens por 15 minutos (KROLOW, 2006).

**Figura 20** – Etapa de enchimento dos recipientes com a hortaliça branqueada.

Fonte: Autoria própria (Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Nutrição, UNIFAL-MG).

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

O líquido de cobertura deve ser previamente preparado, sendo geralmente utilizado uma salmoura acidificada quente, a 85 °C. Pode-se utilizar 0,75 L de água potável, 0,25 L



de vinagre de álcool, 25 g de açúcar, 20 g de sal refinado e condimentos a gosto. A água deve ser levada à fervura, sendo o sal, o açúcar e os condimentos adicionados e mantidos por cerca de 5 minutos após reinício da fervura. O vinagre deve ser adicionado, permanecendo na fervura por cerca de mais 5 minutos. A salmoura preparada, deve então, ser utilizada de forma imediata (**adição do líquido de cobertura**, Figura 21). A realização deste processo prevê o pH final da salmoura próximo de 2,75 (KROLOW, 2006).

**Figura 21** – Adição de líquido de cobertura.

Fonte: autoria própria (Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Nutrição, UNIFAL-MG).

Considerando a acidificação artificial realizada na conserva preparada, pela adição do vinagre de álcool à salmoura (ou de um aditivo com este propósito específico, a exemplo do ácido cítrico), as embalagens de vidro devem ser encaminhadas para a **pasteurização**, não sendo necessária a realização da esterilização, segundo Brasil (2002). Assim, para a **exaustão** do excesso de oxigênio no interior das embalagens, as tampas devem ser colocadas sob os recipientes vidros, sem o completo rosqueamento, de modo a permitir a saída do ar aquecido. Ao término da pasteurização, realiza o fechamento das embalagens ainda aquecidas, possibilitando a formação de um “vácuo” em seu interior, identificado pelo aspecto côncavo da tampa.

O processo de exaustão também garante a redução da corrosão das latas, da ocorrência de reações químicas, a exemplo da oxidação lipídica, de vitaminas, de pigmentos, com conseqüente alteração nutricional e na cor. Quando se identifica o aspecto convexo ou abaulado da tampa de uma conserva durante o seu armazenamento, é um forte indício da ocorrência de alterações gasosas no interior da lata.

Os produtos tratados termicamente são **resfriados**, sendo necessário realizar, a **determinação do pH final**, como medida de controle de qualidade (Figura 22). Deve-se registrar os valores de pH encontrados, a amostragem utilizada, visando o rastreamento dos pontos de crítico de controle durante a produção das hortaliças e ou frutas em conserva. Após a garantia da qualidade, o produto é rotulado, em atendimento às

## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

exigências das resoluções vigentes. A **rotulagem** nutricional deve atender a RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020, assim como de seu anexo, a IN nº 75, de 8 de outubro de 2020.



Para o adequado **armazenamento** das conservas, recomenda-se o empilhamento das latas sobre estrados de material não poroso, a fim de evitar o contato direto com o piso. Além disso, o ambiente deve possuir ambiente arejado, fresco e seco para evitar danos e alterações nos produtos.

**Figura 22** – Determinação de pH do líquido de cobertura após processamento térmico.

Fonte: autoria própria (Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Nutrição, UNIFAL-MG).



### *Facilitando o entendimento!*

Para contribuir com a aprendizagem, acompanhe o vídeo: “Processo completo de produção – legumes em conserva Bonduelle”, publicado em 2017 pelo Canal Bonduelle do Brasil Oficial. Trata-se de um vídeo animado que demonstra e explica as etapas da produção de conserva de milho.

[https://www.youtube.com/watch?v=a8ei\\_qxRUX8](https://www.youtube.com/watch?v=a8ei_qxRUX8)

Assista também ao vídeo: “Tec. Alim. Com – Oficina de produção de conservas vegetal – picles”, publicado por TVIfap. O vídeo de 20 min e 18 s, apresenta uma oficina completa de picles de cenoura, pepino e cebola.

[https://www.youtube.com/watch?v=9h17Ws\\_Fzaq&t=96s](https://www.youtube.com/watch?v=9h17Ws_Fzaq&t=96s)



## 3.2 TECNOLOGIA DE DERIVADOS DE HORTALIÇAS POR FERMENTAÇÃO LÁTICA

A fermentação é uma técnica de processamento de alimentos utilizada de forma milenar pela humanidade, que promove alteração das características sensoriais e

## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

tecnológicas dos alimentos, além de contribuir com a sua conservação. Durante a fermentação, o valor nutricional do alimento é pouco alterado, podendo, inclusive ser aumentado pela presença de leveduras. Os atributos sensoriais são consideravelmente modificados em função da interação dos ácidos orgânicos produzidos e pela atividade enzimática dos micro-organismos com as hortaliças a serem fermentadas. Dentre as hortaliças comumente submetidas à fermentação, pode-se destacar o pepino, repolho, azeitona, couve-flor, brócolis, chuchu, pimentão, cebola, alcachofra, beterraba, nabo, cenoura e vagem.

Os produtos metabólicos provenientes da fermentação incluem ácidos orgânicos, aldeídos, cetonas e outros compostos orgânicos que auxiliam na conservação do alimento e influenciam diretamente o sabor, textura e aroma.

A fermentação láctica pode ser controlada pela escolha de culturas iniciadoras (do inglês, *starter*), pelos substratos presentes, temperatura, composição da atmosfera e pH (EVANGELISTA, 2008). No processo desta fermentação três grupos de micro-organismos podem ser identificados: as bactérias lácticas, as enterobactérias e as leveduras. O predomínio das bactérias lácticas é desejado ao longo da fermentação, devendo as demais serem controladas. O pH 4,5 é suficiente para inibir o crescimento das enterobactérias e a ocorrência das leveduras é mais comum ao final da fermentação, na superfície do alimento (MENDONÇA, 2012).

A fermentação láctica pode ser realizada por meio de duas técnicas distintas, sendo a primeira por **imersão dos vegetais em salmoura** de concentração controlada, a exemplo de hortaliças em conserva fermentada ou pelo método de **salga seca** (com a utilização de baixo teor de sal), como o chucrute. O sal adicionado em ambas as técnicas, tem o papel de proporcionar a osmose do conteúdo intracelular das hortaliças, facilitando o desenvolvimento microbiológico, responsável pela fermentação. Além disso, a saturação osmótica do meio externo irá inibir a multiplicação de micro-organismos patogênicos, contribuindo com a segurança microbiológica.

Mendonça (2012) relata que a concentração ideal de cloreto de sódio é de 10% (p/v), no entanto, deve-se prever a diluição da salmoura devido à osmose proveniente do tecido vegetal para o meio e da difusão de soluto da salmoura para a hortaliça. Ainda sobre a fermentação, o processo pode ser finalizado a partir da avaliação de atributos sensoriais, quando o vegetal apresentar aspecto translúcido e tonalidade mais clara ou por parâmetros físico-químicos, como o pH e acidez se tornarem constantes.

Considerando a estruturação deste capítulo, com a apresentação do tópico “3.1 TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS EM CONSERVAS”, será exemplificado apenas a

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

etapa de fermentação, que pode ser acrescida à produção de hortaliças em conserva para gerar um produto fermentado. A fermentação dos picles acontece, geralmente, durante 4 a 6 semanas, em que a hortaliça deve ficar submersa em salmoura com teor de 10% de NaCl. Recomenda-se inclusive a manutenção de peso sobre o(s) vegetal(is) utilizados para garantir a imersão na salmoura (MENDONÇA, 2012).

A temperatura ideal para o processo deve estar na faixa entre 18 e 25 °C, sendo desejada acidez final entre 0,6 e 1,2% de ácido láctico. O emprego de ácido sórbico (0,025 a 0,05%) como aditivo é importante para evitar a formação de filme branco-acinzentado na superfície da salmoura ou mesmo uma camada de óleo mineral de aproximadamente 3 mm de espessura. Um ponto importante para a produção da hortaliça em conserva fermentada é a adição do vinagre na salmoura, apenas após o período de fermentação da hortaliça na salmoura. No exemplo da produção de picles é necessária a realização da dessalga antes da adição do vinagre, para tanto, se realiza a imersão do produto em água morna (45-55 °C), podendo-se deixar por cerca de 10 a 14 h. Ainda é recomendada a troca da água e elevação da temperatura para uma faixa semelhante àquela adotada inicialmente (45 a 55 °C). Mendonça (2012) orienta o emprego de sais de cálcio (cloreto, lactato ou gluconato de cálcio)

Quando a etapa de cura é adotada na produção de hortaliças fermentadas por imersão em salmoura, não se realiza a dessalga da hortaliça, sendo necessário o aumento da concentração da salmoura até faixa de 15-17,5%, para promover a conservação do produto. Isto, porque a etapa de cura pode demandar cerca de 6 a 8 meses, quando a hortaliça fermentada é de tamanho grande e foi utilizada inteira. No processo de cura, a textura, aparência e permeabilidade dos pepinos são alteradas, sendo que a superfície passa de uma coloração opaca para verde-transparente.

O chucrute é preparado a partir da fermentação controlada pela salga seca. Segundo Evangelista (2008) o chucrute é um preparado com folhas firmes, retiradas do centro do repolho maduro e armazenadas durante alguns dias para a sua adaptação (murchamento) às manobras de preparação. As folhas são cortadas em tiras e transportadas para tanques, onde ocorre a fermentação por *Leuconostoc* e mesenteroides, sob a concentração salina de 1,5% p/p de repolho e temperatura de 18,3 °C e acidez de 1,8%. No entanto, outros autores apresentam valores distintos, como a concentração salina entre 2 e 3% (p/p) e valor de acidez superior a 1,0% em ácido láctico (MENDONÇA, 2012).



### ***Facilitando o entendimento!***

Para contribuir com a aprendizagem, acompanhe o vídeo: “Conservas fermentadas – Parte II”, publicado pela Prof. Páulia Maria em 2021. Trata-se de uma demonstração prática do processo de produção de chucrute, que é apresentado de forma bastante didática.

<https://www.youtube.com/watch?v=sCjm1HKJqpQ>



### **3.3 HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS**

O estilo de vida moderno que parcela significativa da população brasileira e mundial vem adotando é caracterizado pela supervalorização do tempo dedicado ao estudo e trabalho e, conseqüentemente, redução do envolvimento com o preparo dos seus próprios alimentos. Em decorrência disso, percebe-se aumento na demanda por alimentos cujo consumo seja prático e refeições pré-elaboradas. De forma geral, os alimentos industrializados atendem parcialmente a demanda, no entanto, muitos não preenchem os requisitos de saudabilidade que também vêm sendo valorizados pelos consumidores. Neste contexto, as frutas e hortaliças minimamente processadas, também conhecidas como hortaliças *fresh cut*, ganham destaque (MARTINS et al., 2021).

No Brasil, os produtos minimamente processados vêm crescendo ao longo dos últimos anos em função de sua praticidade de consumo, que atende ao estilo de vida agitado e corrido da população (MENDONÇA; BORGES, 2012; SILVA; BUENO, 2022). Além disso, muitas cozinhas industriais, restaurantes e, principalmente redes, redes de *fast food* utilizam dos vegetais minimamente processados no preparo de refeições, pizzas e sanduíches, a fim de agilizar o processo e adequar a produção com a área física disponível. Geralmente as áreas de produção são caracterizadas por reduzidas salas de pré-preparo, sendo muitas vezes ausentes em estabelecimentos de *fast food* localizados em *shoppings* comerciais. Quando presente, são pequenas, o que inviabiliza o pré-preparo separado de alimentos de origem vegetal e animal, aumentando a possibilidade de contaminação cruzada. A área de alimentação destinada aos clientes, geralmente ocupa a maior proporção do *layout* das redes de *fast food*. A utilização de hortaliças minimamente processadas pelas redes de *fast food* também reduz a necessidade de colaboradores envolvidos com as etapas de pré-preparo de vegetais, permitindo o direcionamento dos colaboradores para o atendimento e montagem de sanduíches e demais produtos.

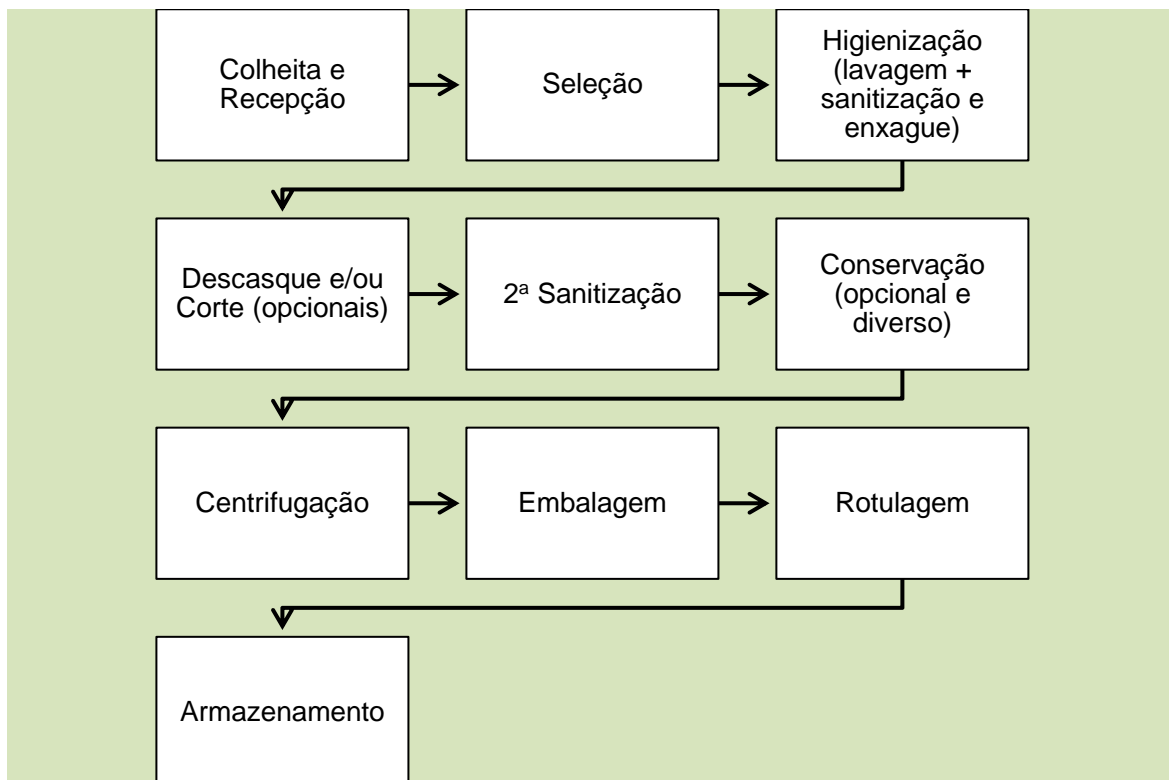


### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

As hortaliças minimamente processadas se caracterizam pela manutenção das características de frescor e muitas vezes se encontram aptas para o consumo imediato. Sendo assim, há intrinsecamente maior preocupação com a segurança química, física e microbiológica destes produtos. Para se garantir a inocuidade, as unidades de processamento devem adotar procedimentos de boas práticas de fabricação, conforme resolução vigente, RDC nº 352/2002 (BRASIL, 2002) e sistemas de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC). Além disso, é importante a compreensão de que o processamento mínimo não garante a esterilidade comercial ou a estabilidade microbiológica. A proliferação dos micro-organismos é influenciada por características intrínsecas do alimento, como o seu metabolismo e pela atmosfera formada no interior da embalagem (BASTOS; ALVES, 2007).

O processamento mínimo de hortaliças (também aplicado para as frutas) consiste na realização das operações de limpeza, lavagem com água potável, sanitização, enxague, descasamento, corte, embalagem e armazenamento, sem alterar as características de frescor da matéria-prima inicial (Figura 23) (GOMES et al., 2005).



**Figura 23** – Fluxograma geral de produção de hortaliça minimamente processada.  
Fonte: Autoria própria.

## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

O tratamento químico pode ser considerado em alguns casos visando garantir a segurança microbiológica, além de parâmetros de qualidade na textura, por exemplo. Assim, o processamento mínimo de frutas e hortaliças envolve operações que removem as partes não convencionalmente comestíveis (cascas, talos, sementes, pedúnculos, flores etc.), seguidas do fracionamento em pedaços menores e o seu armazenamento refrigerado, com a manutenção das condições de um alimento *in natura* (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

De modo geral, o processamento mínimo de frutas e hortaliças incluem as seguintes etapas (que não serão novamente detalhadas, sendo apenas acrescentadas informações pertinentes, que ainda não foram discutidas), considerando que se assemelham às etapas do **pré-processamento de frutas e hortaliças** apresentadas no capítulo 2, item “2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE FRUTAS” deste livro: **Colheita, recepção, seleção, higienização (lavagem + sanitização e enxague)**, descascamento, corte, sanitização, centrifugação, embalagem, armazenamento e distribuição (SILVA; BUENO, 2022).

Quanto aos **fatores pré-colheita e colheita**, há vários que podem comprometer a segurança de hortaliças (ou frutas), como a adoção de práticas agrônomicas inadequadas, a irrigação com água contaminada, emprego inapropriado de esterco ou insumos químicos para fertilização do solo, baixa qualidade do solo, presença de animais domésticos, o que aumenta o risco de contaminação do ambiente. **Fatores pós-colheita** associados à ausência das boas práticas de fabricação durante o transporte dos vegetais e nas instalações, incluindo utensílios, equipamentos e estrutura-física também devem ser adequadamente monitorados. Os manipuladores de alimentos também constituem possíveis veículos de contaminação do alimento minimamente processado, devendo existir políticas e ações contínuas e permanentes de treinamento acerca das boas práticas de fabricação, higiene pessoal, importância da realização de exames médicos periódicos etc.

A **recepção** das hortaliças pode ser considerada um ponto crítico de controle<sup>1</sup>, quando a matéria-prima é originária de ambiente ou práticas de cultura e colheita insalubres e o perigo não pode ser eliminado nas etapas subsequentes, considerando que para a maioria deles o limite crítico é a ausência. A sanitização que compõe o processo de higienização também é considerada um ponto crítico de controle, uma vez que nesta etapa

---

<sup>1</sup> Qualquer ponto, operação, procedimento ou etapa do processo de fabricação ou preparação do produto, onde se aplicam medidas preventivas de controle sobre um ou mais fatores, com o objetivo de prevenir, reduzir a limites aceitáveis ou eliminar os perigos para a saúde, a perda da qualidade e a fraude econômica - Portaria Nº 46, de 10 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998).

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

se elimina ou reduz para níveis aceitáveis, os micro-organismos presentes na superfície da hortaliça (BASTOS; ALVES, 2007).

As etapas de **descasque** e **corte** das hortaliças minimamente processadas contribuem com a redução da vida útil desses alimentos, devido às injúrias físicas proporcionadas. Os vegetais cortados possuem maior superfície de contato, o que aumenta a exposição ao oxigênio atmosférico, acelerando reações de oxidações, além do aumento da taxa respiratória. Além disso, os cortes causam extravasamento do conteúdo intracelular, facilitando o contato entre enzimas e substratos e, conseqüentemente, levando a alteração da coloração, sabor e textura das frutas e hortaliças. Com o aumento da taxa respiratório, da produção de etileno e do metabolismo do vegetal, há maior produção de calor proveniente da respiração, além do incremento na perda de vapor de água e consumo de substratos energéticos (OLIVERA; SANTOS, 2015).

As etapas do processamento mínimo incluem a realização de uma **segunda etapa de sanitização** após o corte dos vegetais. Este procedimento é necessário a fim de garantir a segurança microbiológica dos vegetais, considerando a ocorrência de uma possível contaminação durante a manipulação do alimento. Além disso, esta etapa é importante para eliminar o conteúdo extracelular liberado pelo tecido vegetal durante o corte, que serve como meio de cultura para a proliferação de micro-organismos. Assim, mesmo considerando as possíveis perdas nutricionais (de minerais e vitaminas hidrossolúveis), a realização desta segunda etapa de sanitização possui grande importância.

Após a segunda etapa de sanitização, pode-se empregar opcionalmente, a depender do vegetal que está sendo processado, um método de **conservação**. Dentre as possibilidades, são destacadas na literatura:

- (i) Aplicação de agentes antioxidantes (ácido cítrico, ascórbico, isoascórbico, entre outros) para inibir o escurecimento enzimático, preservar o sabor, aroma e a textura dos produtos;
- (ii) Aplicação de acidulantes (ácido cítrico, málico, láctico e tartárico) para reduzir o pH, em especial, daqueles vegetais com valores superiores a 4,5.
- (iii) Aplicação de agentes de firmeza, como sais à base de cálcio (cloreto de cálcio, lactato de cálcio, gluconato de cálcio etc.), uma vez que o cálcio se liga à pectina presente nas paredes celulares vegetais, formando o pectato de cálcio e contribuindo com a firmeza dos vegetais;
- (iv) Aplicação de conservantes, como o ácido benzoico, cítrico, sórbico e seus sais de sódio, potássio e cálcio, para evitar crescimento de micro-organismos;

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

- (v) Emprego do branqueamento por imersão em água quente ou vapor. Este processo tem como finalidade retirar o ar dos tecidos, auxiliar na redução da carga microbiana externa, na manutenção da cor e outros atributos sensoriais que poderiam ser alterados pela ação enzimática natural do vegetal. Importante destacar que o branqueamento não é capaz de promover a sanitização e esterilização comercial do vegetal, no entanto, auxilia na redução da carga microbiana. Sua aplicação deve ser cautelosa para não alterar os atributos de frescor da hortaliça minimamente processada;
- (vi) Aplicação de filmes ou revestimento comestíveis diretamente no vegetal (os filmes são pré-formados antes de serem aplicados no vegetal, enquanto os revestimentos comestíveis são aplicados na superfície do vegetal, geralmente na forma líquida por imersão ou nebulização e sofre polimerização por evaporação espontânea ou forçada do solvente, formando a “película invisível”). Os filmes ou revestimentos comestíveis auxiliam na redução da perda de umidade, manutenção de atmosfera modificada entre o revestimento e o tecido vegetal (aprisionamento de CO<sub>2</sub> ou reduzindo a permeabilidade de oxigênio para o interior do vegetal), com consequente redução da taxa respiratória. Alguns revestimentos possuem cargas superficiais e podem induzir trocas iônicas com as paredes celulares de bactérias e fungos, causando o seu rompimento (MENDONÇA; BORGES, 2012).

A **centrifugação** garante a eliminação do excesso de água do vegetal, diminuindo a umidade do produto que será embalado, o que contribuirá com a conservação da fruta ou hortaliça minimamente processada. No entanto, é importante ajustar adequadamente o tempo e velocidade de centrifugação, de modo a garantir a redução do excesso de água proveniente da sanitização, sem proporcionar a desidratação dos líquidos intrínsecos ao vegetal (seiva celular), evitando que o produto se enrugue ou murche (SILVA; BUENO, 2022).

Diferentes **embalagens** podem ser utilizadas em hortaliças minimamente processadas, a exemplo de filmes plásticos, de materiais poliméricos rígidos como o tereftalato de polietileno (PET), bandejas de isopor, dentre outros. No entanto, é importante destacar a produção de resíduos associada ao consumo de hortaliças minimamente processadas, e com isso, buscar a utilização de embalagens que sejam recicladas e que causem o menor impacto possível ao meio ambiente. A aplicação de atmosfera modificada passiva (quando a embalagem auxilia na manutenção das modificações associadas às trocas gasosas realizadas pelo vegetal) ou ativa (quando há injeção de um determinado componente no interior da embalagem) pode ser levada em consideração para preservar

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

o frescor e proporcionar manutenção da qualidade dos produtos. Para Bastos e Alves (2007), a etapa de embalagem pode ser considerada um ponto crítico de controle, pois a utilização de invólucros (filmes) inadequados, podem proporcionar uma composição atmosférica no interior das embalagens, suscetíveis à proliferação de micro-organismos patogênicos, particularmente do *Clostridium botulinum*.

A embalagem tem por funções básicas, a garantia da proteção física, química e microbiológica, redução da perda de água do produto e auxílio no transporte e comercialização. Conforme mencionado no 3.1 TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS EM CONSERVAS” deste capítulo, as hortaliças minimamente processadas também necessitam ser **rotuladas**, em conformidade com as resoluções vigentes, antes de serem comercializadas.

Considerando que as hortaliças minimamente apresentam elevada taxa respiratória e de metabolismo celular, o seu **armazenamento** deve ocorrer sob baixa temperatura. Oliveira e Santos (2015) considera como ideal a temperatura de 0 °C, mas por razões econômicas, as temperaturas praticadas encontram-se entre 5 e 10 °C. As etapas de armazenamento e comercialização também podem ser consideradas pontos críticos de controle, uma vez que a adoção inadequada da cadeia do frio pode permitir o aumento da velocidade de multiplicação de micro-organismos patogênicos.

A adoção de diferentes ferramentas de gestão da qualidade no processamento mínimo de vegetais é necessária a fim de garantir a segurança dos consumidores. Essa medida deve ser encarada com seriedade, pois é comum os relatos de contaminação química, física e biológica em vegetais minimamente processados. Mattos et al. (2021) encontraram 58% de positividade para a presença de matérias estranhas e parasitas em 24 amostras de alfaces minimamente processadas.

Com o objetivo de alcançar sistemas alimentares mais sustentáveis, muitas iniciativas fomentam o aproveitamento integral de alimentos, a partir da utilização de suas partes não convencionalmente consumidas, dessa forma, a produção de hortaliças minimamente processados poderia gerar coprodutos para este propósito. Inúmeras pesquisas têm demonstrado o valor nutricional, funcional e farmacológico de cascas, talos e sementes de frutas e hortaliças (ANDRADE et al., 2021; MIRANDA et al., 2021; SANTOS et al., 2021; SOUZA; LIBERATO; TEIXEIRA, 2021; SOUZA; OGEDA, 2021), contribuindo com a importância de seu beneficiamento e aproveitamento, como farinhas, pastas e ingredientes culinários.



### *Facilitando o entendimento!*

Para contribuir com a aprendizagem, acompanhe o vídeo: “Visita técnica a unidade comercial de processamento de frutas e hortaliças – Curso Pós-Colheita, publicado em 2022 pela Embrapa. Trata-se de um vídeo expositivo de uma unidade de processamento mínimo de frutas e hortaliças, onde todas as etapas são apresentadas, demonstrando a rotina de trabalho dos colaboradores da unidade comercial.

<https://www.youtube.com/watch?v=JLFeJScfmEc>

O link a seguir contém material textual intitulado: Processamento mínimo de hortaliças e frutas, escrito por: Melo, B.; Silva, C. A.; Alves, P. R. B. O texto descreve as etapas do processamento mínimo de diferentes hortaliças e frutas, além de descrever as vantagens e desvantagens da utilização destes produtos, discutir brevemente os aspectos químicos e fisiológicos e demonstrar os principais equipamentos envolvidos.

<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pminimo.htm>

Para ampliar seus conhecimentos acerca do processo mínimo de hortaliças, leia o “capítulo 4 Segurança dos alimentos”, de autoria: Maria S. R. Bastos e Ricardo E. Alves, presentes no livro: MORETTI, C. L. Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, Brasília, D.F.: EMBRAPA Hortaliças, 2007, 531 p. Além de descrever as etapas do processamento mínimo, os autores apontam os pontos de controle e os pontos críticos de controle, com base na aplicação do sistema de gestão da qualidade APPCC.

[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/MPMFH\\_Cap04\\_Seguranca\\_dos\\_alimentos\\_000ga5h63zu02wx5ok0821iy5p7rt7as.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/MPMFH_Cap04_Seguranca_dos_alimentos_000ga5h63zu02wx5ok0821iy5p7rt7as.pdf)



### 3.4 HORTALIÇAS DESIDRATADAS

A desidratação é um dos processos mais antigos utilizados para a preservação de alimentos. A desidratação de hortaliças por secagem se baseia na eliminação da água naturalmente presente nesses alimentos, por processos físicos controlados (Figura 24), por meio da transferência de calor e massa. Isto é, ocorre simultaneamente a transferência de calor do ar aquecido para o produto e, conseqüente evaporação e remoção da água contida em seu interior, com redução do peso do produto. A secagem de vegetais utiliza o calor para remover parcialmente ou quantidade próxima da totalidade de água dessas matérias-primas.



**Figura 24** – Exemplo de desidratação de vegetais em estufa com circulação forçada de ar, para laboratórios.

Fonte: autoria própria (Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Nutrição, UNIFAL-MG).

Adicionalmente à secagem, pode ser realizada a liofilização de alimentos, por onde acontece a remoção da água congelada por sublimação. No entanto, este é um processo de elevado custo, por envolver equipamentos sofisticados e maior consumo de energia necessária para o congelamento rápido e manutenção de vácuo em câmaras.

Na literatura é possível encontrar diferenciações entre os termos secagem e desidratação, sendo que o primeiro é comumente utilizado quando um alimento é seco em condições naturais, a exemplo da exposição ao Sol, sendo o percentual de umidade final próximo de 15 a 25%. Por outro lado, o termo desidratação costuma ser empregado quando a operação é realizada pelo auxílio de equipamentos que possibilitam teores finais de umidade inferiores a 3%. No entanto, neste capítulo os termos serão utilizados como sinônimos.

A desidratação de alimentos contribui com inúmeros aspectos positivos para a sociedade, dentre eles:

- Favorece o transporte, ao reduzir o peso e volume dos produtos e condições de armazenamento;
- Simplifica e desonera o armazenamento que dispensa a cadeia do frio e embalagens específicas;
- Garante a disponibilidade de hortaliças desidratadas (ou outros alimentos, como frutas e até carnes) ao longo de todo o ano, mesmo em período entressafra;

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

- Confere novas características sensoriais, desenvolvendo novos produtos alimentícios que podem ser consumidos de forma direta pela população;
- Produz ingredientes e matérias-primas com longa vida útil para o preparo de outros produtos alimentícios, como granola, doces, sopas e preparações culinárias;
- Reduz as perdas de vegetais ao permitir a sua utilização de vegetais em condições visuais imprópria para a comercialização, como matéria-prima para a desidratação;
- Agrega valor comercial às frutas e hortaliças.

Como mencionado, tanto frutas como hortaliças são utilizadas como matérias-primas para a desidratação. Dentre as frutas com maior destaque comercial, pode-se citar a banana, ameixa, uva, maçã e abacaxi. Dentre as hortaliças, várias ervas aromáticas como o orégano, salsinha, alecrim, coentro e tomilho; a cebola, a cenoura e a batata também possuem importância comercial. Enquanto as frutas desidratadas estão mais presentes ao consumidor final, a exemplo de ameixa seca, uva- e banana-passas, as hortaliças, por sua vez, são menos frequentes ao consumidor final (com exceção das ervas aromáticas utilizadas como temperos desidratados e do tomate seco, encontrado em muitos supermercados), sendo mais direcionadas às indústrias de alimentos para a elaboração de alimentos processados, como sopas e macarrões instantâneos e alimentos congelados.

A desidratação de hortaliças envolve várias etapas de pré-processamento, semelhantes às demais tecnologias empregadas para produtos derivados de hortaliças, já apresentadas neste capítulo (hortaliça em conserva, fermentadas e minimamente processados). As etapas perpassam pela garantia da qualidade das hortaliças que serão desidratadas, envolvendo todos os aspectos de produção, colheita, resfriamento, armazenamento, seleção, lavagem, sanitização, classificação, descasque ou pelagem, descaroçamento, corte e branqueamento. Assim como mencionado nas tecnologias anteriores, essas etapas não serão novamente descritas (ver capítulo 2, item “2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DE FRUTAS” deste livro).

Após todo o **pré-preparo**, as hortaliças deverão ser encaminhadas para **(i) o pré-tratamento; (ii) secagem ou desidratação; (iii) pós-secagem ou acabamento e (iv) embalagem ou acondicionamento.**

(i) O **pré-tratamento** pode incluir sulfitação ou sulfuração para evitar alterações de escurecimento durante o processamento, além de agir contra ação de insetos. Este processo acontece em câmaras de sulfuração (hermeticamente fechadas), onde as



### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

hortaliças são expostas ao gás anidro sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), sendo permitido resíduos máximos de 100 ppm no produto final em base úmida. Em pequenas unidades de produção pode-se aplicar a imersão em bissulfito de sódio (1-2%) (BAUER; WALLY; PETER, 2014). Este processo de imersão também pode ser realizado em solução diluída de metabissulfito e bissulfito de potássio, que reduzem perdas de pigmentos e ácido ascórbico, contribuindo com a manutenção da coloração natural, sabor, odor e aspectos nutricionais. Não se recomenda o tratamento com  $\text{SO}_2$  para vegetais folhosos, porque pode ocorrer uma indesejável mudança de cor (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

Hortaliças (ou frutas) ricas em compostos fenólicos e enzimas dos grupos polifenoxidasas e peroxidases podem ser imersas em solução ácida, preparada com ácido cítrico entre 1 e 3% (p/v), com a finalidade de reduzir o pH da superfície dos vegetais e alterar as condições ótimas de atividade de enzimas associadas ao escurecimento ou a outras alterações indesejáveis durante a desidratação. A concentração de ácido cítrico utilizada deve ser previamente testada, visando alcançar a manutenção pretendida da coloração e garantir aspectos sensoriais agradáveis aos consumidores. Quando se utiliza soluções de ácido cítrico a 3-5%, o vegetal pode adquirir pronunciada acidez, reduzindo a aceitabilidade do alimento desidratado.

A realização do branqueamento, seja ele por imersão em água quente (geralmente em temperatura entre 70 e 100 °C, por cerca de 2 a 8 minutos, seguida do resfriamento para interrupção da cocção) ou do branqueamento com vapor (hortaliças do tipo raiz requerem 2 a 4 minutos em atmosfera de vapor a 99 a 100 °C) é desejada e pode ser utilizada para substituir o processo de sulfitação ou imersão em ácido. Assim como o pré-tratamento por imersão ácida, as condições para a realização do branqueamento também devem ser pesquisadas, uma vez que a sua execução de modo inadequado pode contribuir com o amolecimento e ruptura do tecido vegetal, colocando enzimas e substratos em contato direto, o que impedirá a manutenção dos aspectos sensoriais durante a desidratação (COSMO et al., 2017). O branqueamento é necessário para a maioria das hortaliças que são desidratadas, no entanto a cebola, o alho, além dos pimentões e pimentas são exceções, porque para esses alimentos, os produtos de reações enzimáticas são desejáveis (LUVIELMO; MACHADO; BUCHWEITZ, 2012).

A pré-desidratação osmótica com solução salina e condimentos pode ser empregada, visando reduzir o teor de umidade e incorporar soluto no interior do vegetal. A aplicação desta etapa contribui com a redução do tempo de secagem no secador, com economia energética. Na sequência, as hortaliças devem ser encaminhadas para o processo de **(ii) secagem ou desidratação**, por meio da utilização de diferentes equipamentos (Figura X), dentre eles:

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

- Secador de cabine com bandejas de base fixa, sendo muito utilizado na produção em pequena escala;
- Secador de cabine com bandejas de base móvel: utilizado em indústria de médio e grande porte, diferindo do anterior pela possibilidade de movimentação das bandejas no interior do equipamento durante a secagem;
- Secador de túnel ou transportador ou de esteira: equipamento dotado por circulação de ar aquecido que passa paralelamente ou no fluxo contrário aos produtos que podem estar dispostos em esteiras rolantes;
- Secador de leito fluidizado: onde a hortaliça cortada em pequenos pedaços fica em suspensão no ar quente, possibilitando a rápida secagem (BAUER et al., 2014);
- Secadores solares (direto, indireto ou híbrido): o secador direto é composto por uma peça responsável por coletar a radiação solar e incidi-la diretamente sobre o produto; o secador indireto possui o coletor solar, responsável por transformar a radiação em calor, e uma câmara de secagem onde os produtos são armazenados sem exposição direta à radiação solar; o secador híbrido utilizam energia suplementar para auxiliar na manutenção da temperatura constante e possibilitar maior circulação de ar por meio de ventiladores elétricos (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

Cada hortaliça (ou fruta) possui condições específicas para a sua desidratação. De modo geral, a temperatura empregada varia entre 40 e 90 °C, sendo a faixa da velocidade do ar entre 1,5 e 5 m/s. O tempo também sofre variação conforme a eficiência do equipamento, tamanho, espessura, forma, tipo e umidade inicial do alimento a ser desidratado, emprego prévio ou não de pré-tratamentos, condições termodinâmicas do ar de secagem e condições climáticas, podendo variar de 3 h a um ou mais dias de duração.

Após a realização da etapa de secagem, podem ser necessárias etapas **(iii) pós-secagem ou acabamento**, que consistem na classificação por peneiramento, etapa necessária para a remoção de “finos” que porventura tenham sido formados durante todo o processo. Os “finos” são pequenos fragmentos do produto que fogem das dimensões desejáveis, e muitas vezes representam prejuízo ao produtor. Outra etapa que pode ser necessária é o acabamento que consiste no ajuste do teor de umidade do alimento desidratado, visando a padronização do produto final. Sendo assim, a hortaliça desidratada pode ser armazenada em câmara para padronização da umidade, até o valor usualmente aplicado pela indústria. A fumigação pela adição de brometo de metila, também pode ser empregada para evitar a infestação de insetos.

## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

Antes e após as etapas pós-secagem deve ser realizada a etapa de inspeção dos produtos desidratados, sendo preconizada a realização de análises físico-químicas, como determinação da umidade e da atividade de água, por exemplo.

Por fim, a hortaliça desidratada deve ser cuidadosamente **(iv) acondicionada ou embalada**, sendo geralmente empregados sacos flexíveis de polipropileno biorientado (BOPP) metalizados (quando destinados ao consumo doméstico). Essas embalagens são seladas e armazenadas em local limpo, seco, isento de pragas e contaminantes. Embalagens maiores, como tambores ou bombonas podem ser utilizadas, quando o produto final é destinado a outras indústrias de alimentos.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de frutas e hortaliças existentes, assim como as diferentes partes dos vegetais classificadas como hortaliças e, conseqüentemente, a ampla diversidade de características sensoriais e nutricionais, possibilitam inúmeras outras possibilidades de processamento, como a produção de suco, de polpa, frutas e hortaliças desidratadas, molhos, temperos, dentre outros. Cada tipo de produto derivado de hortaliças deve estar em atendimento às regulamentações específicas, devendo atender aos Padrões de Identidade e Qualidade estabelecidos e às boas práticas de fabricação. A utilização de aditivos e coadjuvantes de tecnologias de produção devem atender à Portaria SVS/MS nº 540, de 27 de outubro de 1997, assim como suas atualizações e resoluções específicas de cada categoria/grupo de alimentos.

De modo geral, todos os processos de produção dos derivados de hortaliças passam por diversas etapas, a exemplo do manejo, pós-colheita, seleção, lavagem, sanitização, corte, enxague, branqueamento, descasque, cocção, centrifugação, embalagem e armazenamento. Quando todas as etapas são realizadas de forma adequada e em conformidade com as boas práticas de produção, o resultado é um produto livre de micro-organismos patogênicos e com elevados atributos sensoriais. As características sensoriais são altamente demandadas pelos consumidores, a exemplo da aparência, coloração, consistência, frescor, sabor e odor. Além disso, com o processamento de hortaliças espera-se obter derivados com ausência de defeitos e com a manutenção das características nutricionais de suas matérias-primas principais (SANTOS, 2015).



### *Facilitando o entendimento!*

Assista ao vídeo: “Chiquinho e Ana em desidratação de frutas - Embrapa”, publicado pelo Getit Comunicação. Trata-se de uma animação, demonstrando as etapas do processo de desidratação de frutas. Pode ser utilizado para auxiliar em cursos de capacitação e outros propósitos. <https://www.youtube.com/watch?v=H5He16jmN7w>



O vídeo: “Benefícios da desidratação de frutas e hortaliças – Itai”, (2017) publicado no canal Agrofrutas & Cia é uma matéria jornalística realizada no Instituto de Tecnologia de Alimentos ITAL em Campinas, SP. <https://www.youtube.com/watch?v=UGGrzkEAP0U>



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. G. da S.; ALMEIDA, T. da S. F. de; SANTOS, E. F. dos; NOVELLO, D. Barra de cereais com adição de farinha de resíduos de rabanete: caracterização físico-química e sensorial entre crianças. **Multitemas**, Campo Grande, v. 26, n. 63, pp. 39-50, 2021. Disponível em: <https://multitemasucdb.emnuvens.com.br/multitemas/article/view/2935/2632>. Acesso em: 11 mai. 2022.
- BASTOS, M. S. R.; ALVES, R. E. Segurança dos Alimentos. In: MORETTI, C. L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, Brasília, D.F.: EMBRAPA Hortaliças, 2007, 531 p
- BAUER, V. R. P.; WALLY, A. P.; PETER, M. Z. Tecnologia de frutas e hortaliças. **Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul-Rio Grandense – IFSUL**, 2014, 126 p.
- BEVILACQUA, H. C. de R. Classificação das hortaliças. In: MARTINS, A. L. C.; BEVILACQUA, H. E. C. de R.; SHIRAKI, J. M. **Horta: Culvito de hortaliças**, São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, pp. 1-7, 2006. Disponível em: [https://www.agriculturaurbana.org.br/textos/manual\\_horta.pdf](https://www.agriculturaurbana.org.br/textos/manual_horta.pdf). Acesso em 31 mar. 2022.
- BRASIL. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o regulamento técnico: aditivos alimentares – definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1997. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0540\\_27\\_10\\_1997.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0540_27_10_1997.html). Acesso em: 10 maio 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 46, de 10 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, D.F., 1998. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/PRT\\_046\\_10\\_02\\_1998\\_MANUAL\\_GENERICO\\_DE\\_PROCEDIMENTOS\\_APPCCID-f4POhN0ufV.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/PRT_046_10_02_1998_MANUAL_GENERICO_DE_PROCEDIMENTOS_APPCCID-f4POhN0ufV.pdf). Acesso em: 19 maio 2022.

## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 352, de 23 de dezembro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva e a lista de verificação das boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF. 2002. Disponível em:

[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0352\\_23\\_12\\_2002.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0352_23_12_2002.html).

Acesso em: 20 mar. 2022.

BRASIL. Resolução RDC nº 272, 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 814, p. 374-375, 23 set. 2005. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-272-de-22-de-setembro-de-2005.pdf/view>. Acesso em: 18 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2ª edição, Brasília, 2014. 156 p. Disponível em:

[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_alimentar\\_populacao\\_brasileira\\_2ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf). Acesso em: 02 nov. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 352, de 23 de dezembro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva e a lista de verificação das boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva.

**Diário Oficial da União**: Brasília, DF. Disponível em:

[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0352\\_23\\_12\\_2002.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0352_23_12_2002.html).

Acesso em: 20 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 429, de 8 de outubro de 2020a. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F., 2020a.

Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599?msckid=52ab306dae4211eca047e26fb35b376c>.

Acesso em: 27 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020b. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**:

**Brasília**, D.F., 2020b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143?msckid=85699c9dae4211ecab66f9f4e76bb8e4>.

Acesso em: 27 mar. 2022.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M.; BENETON, A. M. G.; NOVAKOSKI, F. P.

Produção de frutas desidratadas: estado atual, procedimentos e perspectivas futuras.

**Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, pp. 1-26, 2017.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**, 2ª ed. revisada e ampliada, Lavras: Editora da UFLA, 2005, 543 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: Editora da UFLA, 2006, 256 p.

## Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008, 674 p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical yearbook – **World food and agriculture 2020**. Rome: FAO, 2020, 336 p. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>. Acesso em: 02 nov. 2021.

GOMES, C. A. O. et al. **Hortaliças minimamente processadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 34 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018** – Análise do consumo alimentar pessoal do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020, 120 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101670.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.

KROLOW, A. C. R. **Hortaliças em conserva**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006, 40 p.

LUVIELMO, M. de M.; MACHADO, M. R. G.; BUCHWEITZ, P. R. **Tecnologia de frutas e hortaliças: Produtos desidratados**. 2 ed. ver. e ampl. Pelotas: Editora Universitária da UFPEL, 2012, 98 p.

MARTINS, I. A. et al. Análise microbiológica de hortaliças e vegetais minimamente processados comercializados em grandes redes de supermercados de Belo Horizonte-MG, **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 1, pp. 1172-1185, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/23136/18587>. Acesso em: 19 maio 2022.

MATTOS, E. C. de et al. Qualidade microscópica de alfaces (*Lactuca sativa* L.) oriundas de diferentes formas de cultivo e minimamente processadas comercializadas em municípios das regiões nordeste e metropolitana do estado de São Paulo. **Revista de Vigilância Sanitária em Debate**, v. 9, n. 3, pp. 149-158, 2021. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/download/1757/1346>. Acesso em: 19 maio 2022.

MENDONÇA, C. R. B. **Tecnologia de frutas e hortaliças: produtos fermentados e congelados**. 2 ed. rev. Pelotas: Editora Universitária da UFPEL, 2012, 78 p.

MENDONÇA, C. R. B.; BORGES, C.D. **Tecnologia de frutas e hortaliças: produtos minimamente processados e refrigerados**, 2 ed. revisada e ampliada. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária PREC – UFPEL, 2012, 96p.

MIRANDA, M. P. dos S. et al. Preparações culinárias elaboradas com farinha das sementes de melão Cantaloupe: estudo piloto. **Revista Ciência Plural**, Lagoa Nova, Natal, v. 7, n. 3, pp. 43-60, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/rcp/article/view/23661/14657>. Acesso em: 11 maio 2022.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. Processamento de hortaliças. In: OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015, pp. 71-88.

SANTOS, Y. M. G. dos. Contextualização sobre frutas e hortaliças. In: OLIVEIRA, E. N. A. de; SANTOS, D. da C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015, 234 p.

### Cap. 3 – TECNOLOGIA DE HORTALIÇAS

Autores: BRUNO MARTINS DALA-PAULA

SANTOS, M. L. P. de los et al. Características de consumo e aproveitamento integral de beterraba (*Beta vulgaris*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, pp. 79770-79780, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.34117/bjdv7n8-270>. Acesso em: 11 maio 2022.

SCHMIDT, F.L. et al. **Pré-processamento de frutas, hortaliças, café, cacau e cana-de-açúcar**, 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, 153 p.

SILVA, N. C. da; BUENO, S. M. Alimentos minimamente processados: Tendência de mercado no século XXI. *Revista Científica* [S.l.], v. 1, n. 1, 2022. Disponível em: <http://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/643>. Acesso em 20 mar. 2022.

SOUZA, A. P. C. de; OGEDA, C. H. Desenvolvimento e avaliação físico-química e sensorial de massa fresca enriquecida com mix de farinhas de fração foliar de hortaliças. **10º Siepex, Conexão Ciência**, UERGS, [S.l.] 2021. Disponível em: <http://200.132.92.95/index.php/xsiepex/article/view/3329/703>. Acesso em: 11 maio 2022.

SOUZA, J. V. A.; LIBERATO, M. da C. T. C.; TEIXEIRA, L. D. da S. Do mato à mesa: um estudo bibliográfico acerca do potencial nutricional das plantas alimentícias não-convencionais: *Portulaca oleracea* L. e *Tropaeolum majus* L. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 40017-40040, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.34117/bjdv7n4-458>. Acesso em: 11 maio 2022.



**Autores:** Elizabeth Harumi Nabeshima, Gustavo Costa do Nascimento, Bruna Lago Tagliapietra, Elisa Cristina Andrade Neves, Maria Cristina Ferrari, Thaísa de Menezes Alves Moro, Bruna Guedes de Melo, Natali Alcântara Brandão, Michele Scarton, Pedro Henrique Campelo, Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

## TECNOLOGIA DE TUBÉRCULOS

Os tubérculos e raízes são vistos como fontes de energia em países abaixo da linha do Equador, e os mais consumidos são a mandioca, o cará, a batata doce e a batata inglesa, que são amiláceos. A preservação dos tubérculos e raízes produzidos e consumidos pela agricultura familiar tradicional é de grande importância para a garantia da Soberania Alimentar. Os não amiláceos foram menosprezados por longo tempo, mas atualmente com os estudos das fibras prebióticas, passaram a ter importância para cultivo em escala comercial. O avanço das pesquisas em alimentos funcionais valorizou comercialmente algumas raízes como o yacon e a alcachofra de Jerusalém, que são fontes de frutooligossacarídeos. A mandioca é cultivada em países tropicais e apresenta grande variedade de produtos industrializados, sendo usada para produção de amidos, farinhas, biscoitos etc. Já a batata, muito cultivada em países de climas frios, supre grande parte dos carboidratos nas dietas de europeus e americanos e também apresenta grande produção industrial de amido, batatas fritas e chips. Dos fatores tóxicos mais conhecidos estão os compostos cianogênicos em algumas variedades de mandioca e os cristais de oxalato de cálcio presentes na taioba e inhame. Raízes e rizomas como batata doce roxa, beterraba, cenoura, rabanete, bardana, açafrão, gengibre e outros apresentam compostos antioxidantes e vitaminas, tornando-os mais benéficos à saúde. As pesquisas têm sido direcionadas para espécies genéticas mais ricas em micronutrientes, como exemplos têm-se a mandioca e a batata-doce biofortificadas.





## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4 TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

Os tubérculos e raízes são produzidos, principalmente, em regiões da África, Ásia e América Latina, em regiões tropicais, úmidas e localizadas abaixo da linha do Equador e apresentam preparações alimentícias diferenciadas de acordo com a região. A maior produção de tubérculos e raízes, em 2020, foi concentrada nos países da Etiópia, Congo, Indonésia e Paquistão, que estão entre os quatro maiores produtores. Na América do Sul, os maiores produtores foram Peru, Colômbia e Bolívia. A Nigéria se destaca pela alta produtividade em raízes e rizomas, pois produz 3.205.317 toneladas métricas (t) de taro, 50.052.977 t de inhame e 60.001.531 t de mandioca, sendo o maior produtor mundial dessas fontes amiláceas.

#### 4.1 ONDE ESTÃO OS TUBÉRCULOS E RAÍZES NO CENÁRIO MUNDIAL

As raízes e tubérculos estão distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia, América do Sul do Caribe e das Ilhas do Pacífico Sul. A África responde por 97% da produção mundial de fontes amiláceas com cerca de 73 milhões de toneladas/ano, enquanto a produção brasileira foi estimada em 104 mil toneladas/ano (IBGE, 2018). Na Tabela 7, que mostra a produção brasileira e os principais países produtores de raízes e tubérculos, pode-se observar que a mandioca e a batata são produzidas em altas quantidades, pois apresentam maior uso industrial. As demais fontes amiláceas apresentam dados regionais de produtividade e muitas não têm estimativa de produção mundial, apesar do grande potencial de utilização.

No Brasil, a produção de tubérculos e raízes está em declínio e a diminuição do consumo na forma *in natura* vem sendo registrado ao longo das décadas, pois, houve uma redução na participação dos tubérculos e raízes, como fonte de energia no período avaliado entre 1962 e 1988, entretanto, houve aumento de consumo de prontos para consumo, com progressivo aumento do consumo de margarinas e óleos. Grande parte da produção dos tubérculos está limitada a cultura de subsistência e a venda em feiras livres e pequenas quitandas na forma *in natura*. Para estimular o consumo de produtos regionais e aumentar as opções de venda de alimentos produzidos pela agricultura familiar foi publicada a lei 11.947/2009, que permite a venda direta desses produtos para a utilização na alimentação escolar.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

**Tabela 7** – Produção brasileira, em mil toneladas, dos principais tubérculos e raízes no ano de 2020 apresentados pela FAO.

Tubérculos	Produção brasileira (t)	Posição brasileira a nível mundial	Principais países produtores
Batata	3.767.769	22º	China, Índia, Ucrânia
Batata doce	847.896	15º	China, Malawi e Tanzânia
Inhame	250.268	12º	Nigéria, Gana, Côte d'Ivoire
Mandioca	18.205.120	6º	Nigéria, Congo, Tailândia

Fonte: FAO (2020).

### 4.2 SOBERANIA ALIMENTAR

A noção de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) possui diversas dimensões importantes: a da suficiência, na prevenção dos estados de fome e desnutrição; a do acesso a alimentos seguros, sem contaminações biológicas ou químicas, e de qualidade (nutricional, biológica, sanitária e tecnológica); e a de adequação, através da produção e consumo ambientalmente sustentáveis, socialmente justos e culturalmente aceitáveis. Tem-se por definição que SAN:

“é a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis” (II Conferência Nacional de SAN, 2004).

A SAN é entendida como uma estratégia para a garantia do Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA) e saudável, e por sua dimensão de busca de uma produção e consumo com respeito a sociobiodiversidade, interliga-se mais recentemente ao conceito de Soberania Alimentar:

“o direito de os povos definirem suas próprias políticas e estratégias sustentáveis de produção, distribuição e consumo de alimentos, que garantam o direito à alimentação para toda a população, com base na pequena e média produção, respeitando suas próprias culturas e a diversidade dos modos camponeses, pesqueiros e indígenas de produção agropecuária, de comercialização e gestão dos espaços rurais, nos quais a mulher desempenha um papel fundamental [...]. A soberania alimentar é a via para erradicar a fome e a desnutrição e garantir a segurança alimentar duradoura e sustentável para todos os povos” (Fórum Mundial sobre Soberania Alimentar, 2001).

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

O conceito de Soberania Alimentar vem sendo construído na luta popular e pelos movimentos sociais, significando a solidariedade e a garantia dos recursos e técnicas necessárias para que cada população tenha condições de produzir alimentos básicos em seu próprio território. Está relacionada também ao direito e autonomia dos povos e nações em defender sua cultura alimentar, decidindo como os alimentos serão produzidos, distribuídos e consumidos.

No Brasil, a agricultura familiar tem papel fundamental na Soberania Alimentar, por sua produção de alimentos ao mercado interno. Apesar de ocupar aproximadamente 24% da área total de estabelecimentos agrários, tem grande peso na produção de alimentos base, sendo responsável, por exemplo, por 87% da produção de mandioca.



### *Curiosidade!*

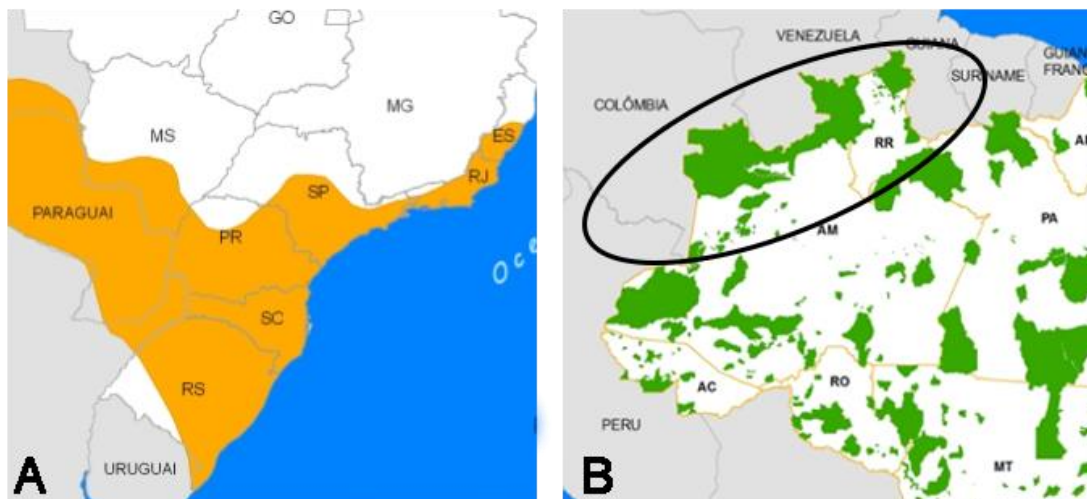
Estima-se que hoje temos no Brasil aproximadamente 1,3 milhões de pessoas autodeclaradas indígenas, dentre cerca de 300 povos distintos, é uma população que maneja as florestas a mais de 15 mil anos, ou seja, nada é floresta virgem (onde nenhum ser humano tocou).

Como exemplos das relações socioambientais indígenas temos que todo casamento na comunidade Guarani (**Figura 25A**) pressupõe a troca de recursos naturais, as mulheres permanecem em seus territórios de nascimento, e quando se casam, os homens que se deslocam até elas e com eles levam os recursos para fazer a roça da família. Variedades de mandioca, amendoim e milho são trocadas entre as comunidades durante o casamento e as festas.

Os povos indígenas do Alto Rio Negro (**Figura 25B**), fazem o movimento contrário, as mulheres que vão morar na comunidade dos maridos, e essas levam como “pagamento” as variedades de mandioca que apenas sua comunidade possui, havendo assim a reprodução dessas plantas. Esses movimentos de manejo nesta região acontecem há mais de 4 mil anos, por pelo menos 22 povos indígenas.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.



**Figura 25** – (A) Áreas dos povos indígenas Guarani e Alto Rio Negro sendo que a área em laranja representa o local de presença Guarani; (B) áreas em verde de povos indígenas do norte brasileiro circulado a localização dos povos do Alto Rio Negro.

Fontes: Instituto Socioambiental (2012) e Centro de Trabalho Indigenista (2008).

As raízes e tubérculos são a base da alimentação na América Latina e no Brasil são alimentos imprescindíveis do ponto de vista de SAN, principalmente para a agricultura familiar tradicional e abastecimento interno. Várias espécies foram domesticadas, pelos povos tradicionais e camponês, nos diversos solos da América do Sul, como é o caso da taioba, da araruta, da batata-doce, do cará, da mandioca, dentre outras. Ainda é observada uma falta de pesquisas e divulgação do valor alimentício dos alimentos locais, necessitando-se de estudos junto aos conhecimentos populares sobre os tubérculos e raízes ainda não explorados, suas formas de uso, preparo e manejo, como também formas de valorização e preservação desses alimentos tradicionais (e suas sementes crioulas ou caboclas).

Os tubérculos e raízes são culturas capazes de ofertar matéria-prima que suprem diversas necessidades da humanidade e possuem grande potencial para serem industrializados, originando novos produtos. A diversidade de formas de preparo e consumo desses alimentos sugere que diferentes tipos, formatos e qualidades intrínsecas podem ser utilizadas para minimizar as perdas, agregar valor e desenvolver produtos, beneficiando produtores, consumidores e garantindo a Soberania Alimentar.

Com o desenvolvimento de tecnologias passíveis de serem utilizadas em agroindústrias regionais, esses alimentos de baixo ou mesmo sem valor comercial para o mercado *in natura*, como os tubérculos e raízes podem originar diferentes produtos de fácil preparo ou prontos para consumo.

#### Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

Os carás, por exemplo, são importantes tubérculos tropicais na América Central, Ilhas do Pacífico, Sudoeste Asiático e na África Ocidental onde são considerados alimento básico preferido da população. Pode-se citar também, a batata Mairá (*Casimirella spp.*) (Figura 26A e 26B), rizoma e batatas Ariá (*Geopvertia allouia*) (Figura 26C e 26D) e a batata Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) que são tubérculos ainda pouco explorados, porém vêm sendo estudadas quanto aos seus potenciais nutricionais, como fonte de amidos e possíveis processamentos. A batata Yacon e a raiz de bardana (*Arctium lappa*) são fontes prebióticas, carregam grande tradição na alimentação do leste asiático e seu consumo vem sendo incentivado no Brasil, justamente por seus benefícios à saúde. Esses tubérculos e raízes (Figura 26) fazem parte das pesquisas do grupo que compõe esse capítulo e mais detalhes serão apresentados a seguir.



**Figura 26** – (A) Caule, folhas e (B) parte tuberosa da batata Mairá; (C) folhas e (D) batatas de Ariá.

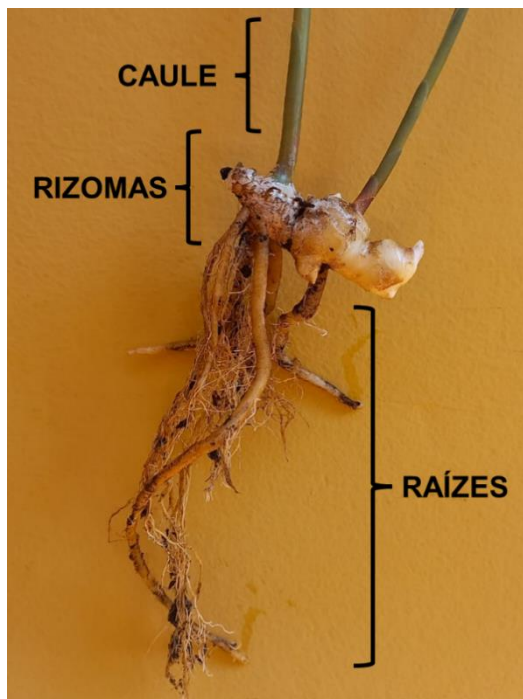
Fonte: Autoria própria. Fotos tiradas no Instituto Federal do Amazonas em novembro de 2021.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

Autores: ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4.3 COMO SÃO DEFINIDOS E CLASSIFICADOS

As raízes e tubérculos são definidas como plantas com raízes, tubérculos, rizomas, rebentos ou caules ricos em amido. Para exemplificação, a Figura 27 mostra três partes da planta de gengibre (*Zingiber officinale*), sendo que a parte rizoma geralmente é utilizada como tempero e em chás.



Eles são utilizados principalmente para a alimentação humana (cru ou processados), ou de animais, para a produção de álcool, amidos e bebidas fermentadas, incluindo a cerveja. Caracterizam-se pelo elevado teor de água (70 a 80%) e carboidratos (16 a 24%) e menor quantidade de proteína e gordura (0 a 2%). São classificadas em 7 culturas primárias: batata, batata doce, mandioca, taioba, taro, inhame e outras raízes e tubérculos (mandioquinha salsa, araruta, sagu, alcachofra de Jerusalém etc.).

**Figura 27** – Gengibre (*Zingiber officinale*), com destaque em suas partes.  
Fonte: Própria autoria.

No Quadro 3 estão exemplificados as raízes, os tubérculos e os rizomas utilizados na alimentação e que são de grande importância para a agricultura familiar, geração de renda e segurança alimentar e nutricional no Brasil.

### Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

Autores: ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

**Quadro 3** – Exemplos de tubérculos, raízes e caules usados na alimentação humana.

Nome Popular	Nome científico	Principais usos	Referência
Açafrão	<i>Cúrcuma longa</i>	Rizoma em pó pode ser usado como corante e aromatizante. O composto bioativo do açafrão, a curcumina, possui uso medicinal devido a sua atividade antioxidante e anti-inflamatória.	Cereda (2003)
Aipo ou salsão	<i>Apium graveolens</i>	Folhas e caule podem ser consumidos cozidos e crus, mas a raiz é usada somente cozida.	Cereda (2003)
Alcachofra de Jerusalém	<i>Heliantus tuberosus</i>	Tubérculo consumido cru ou cozido.	Bach et al. (2012)
Araruta	<i>Maranta arundinacea</i>	No Brasil já era cultivada pelos índios antes mesmo da chegada dos portugueses. Deste tubérculo se obtém o polvilho de araruta, que é usado para produzir bolos, biscoitos e espessar molhos e sopas. Nas últimas décadas a produção de araruta entrou em declínio, devido à concorrência com a fécula da mandioca, que possui método de obtenção menos oneroso. Como resultado, a araruta deixou de ser produzida em quase todo o território nacional e foi extinta de muitas comunidades.	Cereda (2003)
Bardana (carrapicho-grande, pega-pega)	<i>Artium minus (Hill.) A. lappa</i>	Muito utilizada na culinária do Japão, mas no Brasil, cresce espontaneamente nos campos, sendo às vezes, considerada planta invasora e com uso limitado na alimentação. A raiz apresenta alto teor de fruto-oligossacarídeos. Raiz consumida crua ou cozida e as folhas cruas são consumidas em saladas. Uso medicinal.	Cavalli et al. (2009)
Batata doce	<i>Ipomoea batatas</i>	A raiz pode ser consumida na forma direta (cozida, assada ou frita), ou utilizada para obtenção de doces (pastoso ou cristalizado) ou para extração de amido. Folhas e brotos jovens podem também ser consumidos.	Silva et al. (2004)
Batata	<i>Solanum tuberosum</i>	Tubérculo possui grande variedade de utilização, podendo ser consumidas nas formas cozida, frita, de purê, de chips etc. Usada para extração do amido.	Bergthaller et al. (2005)
Biri	<i>Cana edulis</i>	Rizoma deve ser cozido por várias horas e em países andinos as folhas servem de embalagens para preparações alimentícias. Extração de amido. O biri é caracterizado pelo fato de ter menor teor de amido em relação aos demais tubérculos, porém este amido possui propriedades tecnológicas muito desejadas na indústria, como alta expansão, granulosidade e textura.	Cereda (2003)
Cará moela, cará do ar ou inhame aéreo	<i>Dioscorea alata</i>	Cozido e pode ser usado em preparações salgadas ou doces.	Cereda (2003)
Cará ou inhame	<i>Dioscorea esculenta, D. rotundata e outras</i>	Rizoma usado cozido, frito ou assado.	Cereda (2003)

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

Autores: ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

Cenoura	<i>Daucus carota L</i>	Raízes são consumidas na forma crua, cozida, desidratada, de conservas e em preparações doces ou salgadas. Folhas são refogadas.	Pillon et al. (2006); Lima et al. (2003)
Gengibre	<i>Zingiber officinale</i>	Uso como especiaria na forma seca, fresca, de conserva ou cristalizado. Uso medicinal em xaropes, chás.	Cereda (2003)
Jacatupé	<i>Pachyrhizus aereus</i> <i>P. tuberosus</i>	Somente a raiz é consumida crua e o amido apresenta qualidade semelhante ao da batata-doce. As sementes e folhas possuem alto teor de rotenona, que pode ser usado como inseticida.	Cereda (2003)
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Grande variedade de utilização, podendo ser consumida nas formas cozida, frita, de purê, chips, farinha crua e torrada e uso em preparações doces ou salgadas. Usada para produção de farinha de tapioca, polvilho doce e azedo e extração do amido.	Cereda (2003)
Mandioca-salsa, batata-baroa, batata salsa ou cenoura amarela	<i>Arracachia xanthorrhiza</i>	Devido à fácil digestibilidade de seu amido, é amplamente recomendada para alimentação infantil, de pessoas idosas e convalescentes. Pertence à família Apiácea, como a cenoura, a salsa, o coentro, o anis, o aipo e o funcho. Possui intenso sabor, cor e aroma, sendo muito consumida na forma cozida, de purê, sopas.	Câmara e Santos (2003)
Nabo	<i>Brassica rapa</i>	Cru em saladas ou em preparações tipo conserva.	Gowers et al. 2007
Rabanete	<i>Brassica napus</i>	Cru em saladas ou em preparações tipo conserva. Muito usado na cozinha asiática. Possui poucas calorias e alto teor de fibras.	Gowers et al. 2007
Sagu	<i>Metroxylon sagu</i> , <i>Cycas revoluta</i>	Amido encontrado no interior de tronco de palmeiras. O amido coletado é granulado para se obter as pérolas de sagu, que é usado para compor pratos doces ou salgados. Cada palmeira rende cerca de 250 Kg de amido. Atualmente as pérolas de sagu são também feitas com amido de mandioca, que é mais disponível e com menor custo.	Moorthy (2004)
Taioba (folha) e Mangarito (rizoma)	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	A taioba é uma hortaliça da família Aráceas sendo originária das regiões tropicais da América do Sul. No Brasil, o maior consumo ocorre nos Estados da Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Na região Sudeste se consome a folha e os pecíolos cozidos, pois são tóxicos quando crus, enquanto no Nordeste é comum o consumo do rizoma, conhecido como mangarito, que é cozido ou usado para produzir farinha.	Cereda (2003)
Taro	<i>Colocasia esculenta</i>	Raízes cozidas ou assadas, uso em sopas, também usado para produção de chips e farinhas.	Cereda (2003)
Yacon	<i>Polymnia sonchifolia</i>	Cru ou Cozido, uso em sopas.	Santana e Cardoso (2008)



## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4.4 TUBÉRCULOS AMILÁCEOS E NÃO AMILÁCEOS

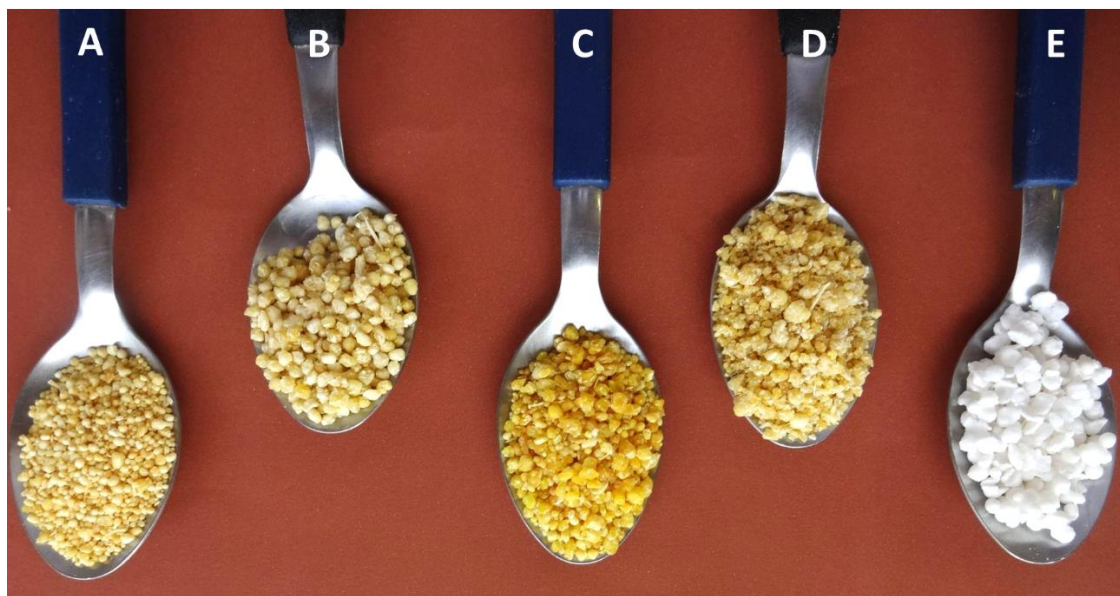
Os tubérculos amiláceos são aqueles ricos em amido, sendo muito utilizados para a sua extração, assim como os cereais. Apresentam a vantagem de não formarem glúten, podendo, portanto, serem utilizados em preparações destinadas para indivíduos com diagnóstico de doença celíaca, alergia ou intolerância ao glúten.

#### 4.4.1 Características dos amiláceos

Considerando a diversidade de tubérculos amiláceos, serão listados alguns encontrados e consumidos no Brasil, assim como as suas características.

##### 4.4.1.1 Mandioca

A mandioca, da família Euphorbiaceae, tem sua origem na América do Sul e se distribuiu para a África e Ásia. Uma das formas que a mandioca é consumida no país é na forma de farinha, sendo como acompanhamento na forma de farofa, junto com caldos e frutas, havendo grandes variedades de farinhas do sul ao norte do Brasil, a Figura 28 apresenta exemplos de diferentes farinhas derivadas da mandioca (ou macaxeira, como é chamada regionalmente), que podem ser encontradas no estado do Amazonas e em outras regiões do Brasil.



**Figura 28** – Colheres com farinhas de mandioca tipos (A) ovinha; (B) sobra da ovinha; (C) d'água; (D) d'água artesanal; e (E) tapioca adquiridas do mercado municipal de Manaus, Amazonas, Brasil, e diretamente com o produtor no município de Caapiranga, Amazonas, Brasil.

Fonte: Autoria própria.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

Neves et al. (2020) pesquisaram nove diferentes farinhas derivadas de mandioca que são encontradas em Belém (Pará), mostrando as variações e diferentes aplicações que podem ser obtidas dessa raiz. As diferentes características nutricionais e tecnológicas dão ênfase às diversas possibilidades de aplicações, como em produtos alimentícios sem glúten, e também à riqueza da cultura alimentar do norte do Brasil.

### 4.4.1.2 *Batata*

A batata (*Solanum tuberosum*) está entre as mais importantes culturas para alimentação humana. Sua origem é sul-americana, mas seu cultivo se espalhou pelo mundo inteiro, sendo muito consumida e cultivada em regiões da Europa, onde o milho não pode ser produzido devido ao clima frio. Podem ser estocadas durante longo tempo em temperaturas controladas. Para fins industriais, os teores de água, amido e proteína definem o uso da batata, como exemplo, para extração de amido, é dada preferência para variedades de batatas com alto teor deste componente, já para consumo ou processamento por fritura, na forma de purês, entre outros, são escolhidas as com menores teores, devido ao melhor sabor (BERGTHALLER, 2004; GROMMERS, VAN DER KROGT, 2009).

A batata, devido aos investimentos em pesquisa científica e desenvolvimento industrial, alcançou um patamar diferenciado em relação ao demais tubérculos e raízes, pois apresenta produção industrial de seu amido e de diversos produtos, como flocos, batatas fritas, cozidas e congeladas, batatarias destinadas somente para as vendas de batatas assadas e com recheios diversos, tendo ampla aceitação pelos consumidores. Realidade que tem sido difícil de ser alcançada pelos demais tubérculos. A Figura 29 ilustra batata na forma de farinha em duas granulometrias, as quais estão sendo estudadas por nosso grupo de pesquisa como novas formas de aplicação desse tubérculo tão conhecido e consumido no Brasil.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.



**Figura 29** – Batata inglesa no centro e suas farinhas, a esquerda com granulometria mais grossa e a direita mais fina (60 mesh).  
Fonte: Autoria própria.

### 4.4.1.3 Batata doce

A batata doce (*Ipomoea batatas*) é uma tuberosa de cultura rústica e de alta tolerância à seca. Elas podem apresentar polpa com as cores variadas, como branca, creme, amarela, salmão ou roxa, e película externa rosa, roxa, branca ou amarela, com diferentes formas e tamanhos. O rendimento é de 8-30 t/ha e o conteúdo de amido varia de 12 a 30% nos tubérculos frescos (MOORTHY, 2004).



#### **Facilitando o entendimento!**

Pesquisadora faz massa sem glúten com farinha de batata-doce biofortificadas. Para saber mais, acesse a reportagem:

<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2017/09/18/pesquisadora-a-faz-massa-sem-gluten-com-farinha-de-batata-doce-biofortificada>



Assista também ao vídeo intitulado: “Ciência e inovação – Avaliação tecnológica e sensorial de massas alimentícias sem glúten”, publicado no canal TV Unicamp, em 2017.

<https://www.youtube.com/watch?v=2tK7zyYI-9k>



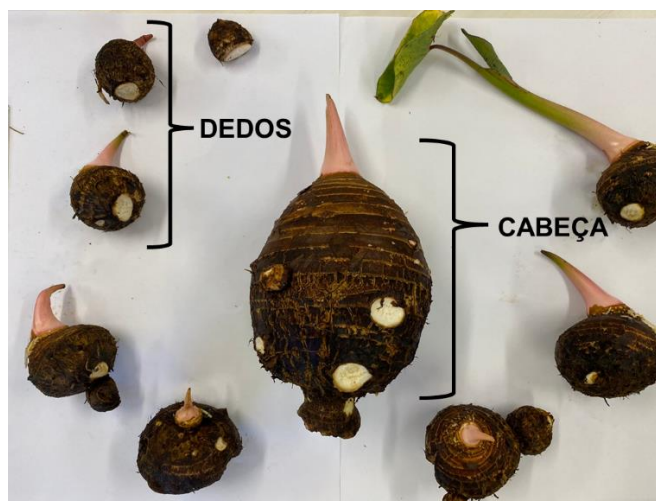
## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

A batata doce (cozida ou assada) tem apresentado boa aceitação de consumo por praticantes de atividades físicas por ter carboidratos com diferentes velocidades de digestão, promovendo saciedade ao indivíduo. Este fato tem aumentado o seu valor agregado e investimentos para aumentar a sua produtividade no campo.

### 4.4.1.4 Taro

O taro (*Colocasia esculenta*) é uma planta herbácea com folhas grandes e possui grande importância na alimentação da região tropical do Pacífico (SEN; AKGUL; OZCAN, 2001). Na Figura 30 pode ser observada as duas partes subterrâneas da planta, o taro “cabeça” ao centro e os taros “dedos” ao redor, sendo os dedos as partes comumente comercializadas.



**Figura 30 – Taro (*Colocasia esculenta*).**  
Fonte: Autoria própria.

Esse tubérculo é conhecido na região Centro-Sul do Brasil como inhame, e muitas vezes é confundido com o cará. Nabeshima et al (2020) apresentaram fotos das folhas e dos tubérculos de taro, sendo que suas folhas e caule não devem ser consumidas. Na Figura 31 pode-se observar a folha do taro em comparação a outra planta muito semelhante, mas de gênero diferente, a folha de Taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott), a qual possui uma linha que circula a borda da folha.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.



**Figura 31** – (A) Folhas de Taro; (B) Folhas de Taioba.

Fonte: Imagens cedidas por Deuzeth Maria Pedrosa da Silva.

O manuseio do taro durante a colheita e preparação deve ser cuidadoso, devido a presença de tanino e cristais de oxalato, sendo que este pode desencadear reações alérgicas. Devido a presença de mucilagem, o taro quando cozido se torna muito palatável.

### 4.4.1.5 Cará (*Inhame*)

O nome mais comum utilizado no mundo para denominar o gênero *Dioscorea* ssp é “inhame” (yam, igname, ñame). No Brasil, apenas nas regiões Sul e Sudeste esta denominação é mais aceita. Já nas regiões Norte e Nordeste é conhecido como “cará”. No sudeste e sul, o “cará” é do gênero *Colocasia*. Este fato está associado às tradições culturais locais da região produtora, que devem ser respeitadas, pois há festas, nomes de ruas, músicas e outras atividades tradicionais de longa data, como acontece no município de Caapiranga (Amazonas), que apresenta a festa do cará roxo e do cará branco, ambos do gênero *Dioscorea* ssp para comemorar o início da colheita. Para a identificação científica, deve-se sempre acrescentar o gênero e a espécie do tubérculo, para evitar comparações com outros tubérculos.

Acredita-se que os carás sejam originários do oeste da África e que foram introduzidos no Brasil pela migração escravocrata. Pertencem à família *Dioscoreaceae*. O cará branco é subterrâneo e algumas vezes confundido com o taro (*Colocasia esculenta*), o cará moela (*Dioscorea bulbifera*) é conhecido por ser “aéreo” (Figura 32A).

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

Autores: ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.



**Figura 32** – (A) Parte aérea do cará moela; (B) parte subterrânea do cará moela.  
Fonte: Imagens cedidas por Deuzeth Maria Pedrosa da Silva.

O cará se caracteriza por ser planta herbácea tipo trepadeira e os rizomas são colhidos após 8-12 meses de plantio (CEREDA, 2003), sendo que no cará moela, suas partes aéreas são as retiradas para comercialização. As características mais marcantes do cará moela são as folhas, únicas com formato cordiforme e a presença de túberas aéreas (BRASIL, 2010; MELLO FILHO et al., 2000), porém há também formação de tuberosas subterrâneas (Figura 32B). Outras espécies de carás muito importantes para a Soberania Alimentar e agricultura familiar, principalmente do norte do Brasil, serão detalhadas no tópico a seguir (Tubérculos Amazônicos).

Dentre as mais de 600 espécies de cará, cerca de 15 a 20 espécies são comestíveis e apenas 6 têm reconhecida importância socioeconômica: *D. alata* (cará d'água ou cará maior), *D. rotundata* (cará branco), *D. cayenensis* (cará amarelo), *D. esculenta* (cará menor), *D. bulbifera* (cará aéreo ou cará moela) e *D. dumetorum* (cará trifoliado) (KARYA KATE NANBOL; OTSANJUGU AKU TIMOTHY NAMO, 2019).

### 4.5 TUBÉRCULOS AMAZÔNICOS

Neste tópico serão apresentados alguns tubérculos consumidos e encontrados na região da Amazônia.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4.5.1 *Dioscorea trifida*

A espécie *Dioscorea trifida* L. é uma planta trepadeira com caule que se enrola em sentido anti-horário e as folhas são pecioladas (com 3 a 5 lobos), de diversas formas e tamanhos. Produzem rizóforos subterrâneos com formatos diferentes, podendo ser ovoides, cilíndricos ou arredondados com cerca de 15 cm de comprimento e 1,5 kg. A polpa pode apresentar cor branca, amarela, rosa ou púrpura.

No estado do Amazonas é tradicionalmente produzida e consumida farinha de macaxeira (como a mandioca é chamada nesta região), fazendo a manutenção dos conhecimentos ancestrais indígenas, principalmente no manejo e processamento da mandioca. A Figura 33, apresenta a farinha de macaxeira (Figura 33A) produzida por agricultores ribeirinhos do Alto Solimões (Amazonas), junto seguem as farinhas de cará roxo (Figura 33B), cará branco (Figura 33C) e farinha de ariá (Figura 33D), produzidas em trabalho de extensão universitária junto às autorias deste capítulo.



**Figura 33** – (A) Farinhas de mandioca; (B) Farinha de cará roxo, (C) Farinha de cará branco; e (D) Farinha de ariá, produzidas em casa de farinha tradicional em Caapiranga, Amazonas, Brazil.

Fonte: Autoria própria.

O processamento dos tubérculos em farinhas pode ser uma alternativa viável à agricultura familiar que busque uma maior conservação, diminuindo assim as perdas de produtos *in natura*, aumento do valor agregado, além do uso e manutenção dos conhecimentos relacionados a cultura do cará e das casas de farinha de macaxeira.

Na Figura 34 estão apresentadas as etapas de processamento do cará-roxo em farinha, para as pesquisas que estão sendo realizadas no Laboratório de Cereais,

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

Raízes e Tubérculos (Unicamp, Campinas, São Paulo), sendo elas: seleção, descascamento, corte, secagem em estufa com ar forçado, redução do tamanho (farinha a 60 *mesh*) e embalagem para armazenamento.



**Figura 34** – Processamento laboratorial de cará roxo em farinha, provenientes de Caapiranga, Amazonas, Brasil. As últimas imagens do fluxo demonstram a Prof.<sup>a</sup> Maria Teresa segurando bandeja com farinha e em seguida a farinha embalada.

Fonte: Autoria própria.

### 4.5.2 *Dioscorea chondrocarpa* Griseb

O cará-de-espinho (*Dioscorea chondrocarpa* Griseb.) também conhecido como cará-espinho, cará-japocanga ou cipó-jacaré é uma planta nativa, podendo ser encontrado nas regiões sudeste, centro-oeste e principalmente no norte do Brasil, onde são cultivados em comunidades indígenas, hortas e roçados. A depender da idade e manejo, esse tubérculo pode ultrapassar 150 kg e por ser uma trepadeira, o nome “cará-de-espinho” é devido aos acúleos (espécie de espinhos) que a planta possui. Na Figura 35A pode-se observar as folhas da planta e na Figura 35B o tubérculo inteiro após ser retirado da terra e ele higienizado e cortado (Figura 35C).



## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.



**Figura 35** – (A) Folhas do cará-de-espinho subindo em um tronco de árvore; (B) Cará-de-espinho inteiro em caixa de madeira após ser retirado da terra; e (C) cará-de-espinho cortado.

Fonte: Própria autoria, fotos tiradas no Instituto Federal do Amazonas.

O cará-de-espinho tem grande potencial como fonte nutricional para alimentação humana e animal, havendo composição semelhante a mandioca. Considerando o aumento da demanda mundial de alimentos e sua elevada capacidade produtiva, pode ser uma alternativa interessante como fonte de carboidratos amiláceos, que poderão ser extraídos, já que a comercialização deste tubérculo apresenta dificuldades desde o campo até o consumidor, desestimulando seu plantio. Os autores deste capítulo vêm estudando esse tubérculo e esperam que haja o incentivo do cultivo e consumo de variedades ainda pouco conhecidas, como o cará-de-espinho, assegurando a autonomia de comunidades que produzem e comercializam esse tubérculo, e por consequência a conservação da agrobiodiversidade e cultura, especialmente da região norte do Brasil.

### 4.6 TUBÉRCULOS NÃO AMILÁCEOS

Vários tubérculos não amiláceos, como alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*), yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e lótus, da família das Nelumbonaceae, ainda não estão tão adaptados ao clima e solo brasileiro como a bardana. Estes tubérculos foram destaques no capítulo Tubérculos e Raízes como fonte de prebióticos (NABESHIMA et al., 2020).

#### 4.6.1 Bardana

A bardana (também conhecida por: gobô, orelha de gigante, bardana-maior, erva-dos-tinhosos e carrapicho-de-carneiro) é originária do nordeste asiático, de alguns países da Europa e os primeiros registros são do ano de 940 d.C. quando a cultura da

#### Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

espécie foi introduzida no Japão. Suas propriedades terapêuticas foram relatadas durante a dinastia Ming no "Compêndio de Matéria Médica" de 1578. Atualmente pode ser considerada uma espécie cosmopolita, pois é encontrada em todo o planeta. Na Europa, está no Reino Unido, França e Alemanha, já na Ásia, onde o consumo é abundante, pode ser encontrada facilmente no comércio (CHAN et al., 2011; TESKE; TRENTINI, 1995).

A raiz da planta tem desenvolvimento de raiz principal, com poucas ramificações e atinge profundidade de 45-50 cm e um diâmetro (Figura 36) de 3-6 cm de plantas cultivadas. Tem forma cilíndrica e carnuda. No centro da raiz pode-se encontrar pequena cavidade, formada pela reabsorção de tecidos, especialmente em plantas de mais de um ano, segundo Voltolina (1998 apud MUNARIN, 2008).



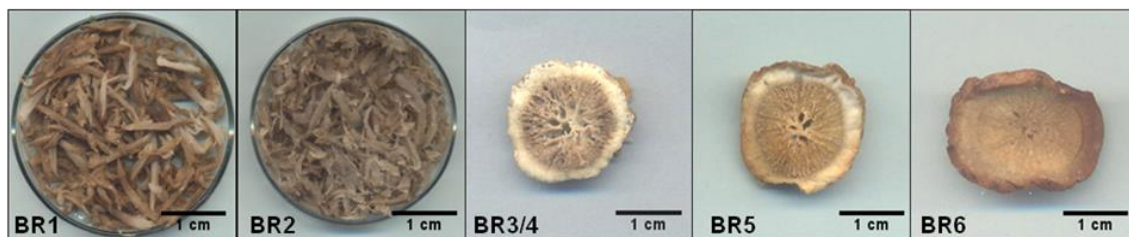
**Figura 36** – Raízes de bardana e seus produtos derivados crus, cozidos, fritos e assados.

Fonte: Própria autoria.

Nosso grupo tem procurado aumentar a visibilidade da bardana através de estudos pioneiros no Brasil, onde a bardana plantada na fazenda Moritsugui na região de Mogi da Cruzes, foi doada para análises. Os resultados demonstraram que além de prebiótica, ela apresenta muitos compostos antioxidantes, sendo muito benéfica à saúde (MORO et al., 2022), seja consumida na forma de chás, cozida, frita, assada, crua, branqueada, como pode ser visualizado na Figura 37. Também foram elaboradas farinha de bardana para uso em biscoitos, sendo que eles apresentaram atividade prebiótica, mesmo depois do assamento (MORO et al., 2018).

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.



**Figura 37** – Imagens de raízes de bardana submetidas a diferentes processos: (BR1) branqueamento (98 °C/4 min); (BR2) refogada (95 ± 4 °C/10 min); (BR3/4) secagem (98 °C/4 h); (BR5) torrefação (120 °C/20 min); e (BR6) fritura (150 ± 4 °C/4 min).

Fonte: Autoria própria.

Quanto ao cultivo no Brasil, a bardana cresce espontaneamente em bosques, áreas rurais, sendo considerada inclusive planta invasora. Prefere lugares com sombra, úmidos e com solo arenoso. Neste tipo de solo, com o aprofundamento das raízes, em temperatura amena (16 – 22 °C) e em solos férteis, a planta tem seu desenvolvimento ótimo. As raízes retas, escolhidas pelos consumidores para serem utilizadas como alimento, devem ser cultivadas em canteiros ou valas preenchidas com substrato de baixa densidade. As raízes podem ser colhidas, preferencialmente, após 100 dias do plantio (em torno de 160 dias após a semeadura), antes ou no início da floração, pois apresentam suas propriedades terapêuticas reduzidas com o passar do tempo (LORENZI; MATOS, 2002 apud MUNARIN, 2008).



### ***Facilitando o entendimento!***

Bardana pode ser usada em processo tecnológico para produção de prebióticos. Para saber mais, acesse a reportagem:

<https://www.inova.unicamp.br/2021/10/bardana-pode-ser-usada-em-processo-tecnologico-para-producao-de-prebioticos/>



## **4.7 COMPOSIÇÃO DOS TUBÉRCULOS E RAÍZES**

Em muitas regiões dos países da África, América do Sul e Ásia, os tubérculos são a principal fonte calórica e de subsistência, uma vez que são culturas rústicas, não necessitam de grande preparo do solo e se adaptam aos climas quentes. A composição em nutrientes de alguns tubérculos *in natura* pode ser visualizada na Tabela 8. Os tubérculos *in natura* apresentam alto teor de umidade, sendo seguido por carboidratos e baixos teores de proteínas, lipídios e sais minerais.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

Autores: ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

**Tabela 8** – Composição química dos tubérculos *in natura* (parte comestível)

Tubérculos	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	Carboidratos totais	Fibra alimentar	Referências
Açafrão	81,23	2	0,9	2	12,6 <sup>2</sup>	-	Leonel e Cereda (2002)
Aipo	93,8	0,8	0,1	1,1	4,3	1,0	TACO (2011)
Araruta	68,2	1,34	0,19	1,83	27 <sup>2</sup>	-	Leonel e Cereda (2002)
Batata	82,9	1,2	tr	0,6	14,7	1,2	TACO (2011)
Batata doce	69,5	1,3	0,1	0,9	28,2	2,6	TACO (2011)
Beterraba	86,0	1,9	0,1	0,9	11,1	3,4	TACO (2011)
Biri	75,67	1,1	0,33	1,7	20,3 <sup>2</sup>	-	Leonel e Cereda (2002)
Cará moela	68,0	2	0,1	1,1	27,3	-	Cereda (2003b)
Cará ou Inhame	73,7	2,3	0,1	0,9	23,0	7,3	Cereda (2003b)
Cenoura	90,1	1,3	0,2	0,9	7,7	3,2	TACO (2011)
Jacatupé	87,1	1,12	0,05	0,32	10,6	-	Cereda (2003b)
Mandioca	61,8	1,1	0,3	0,6	36,2	1,9	TACO (2011)
Mandioca-salsa	79,3	0,9	0,2	0,8	18,9	1,8	TACO (2011)
Mangarito	(b.s)	5,4	0,6	3,4	88,5	-	Cereda (2003b)
Nabo	93,8	1,2	0,1	0,8	4,1	2,6	TACO (2011)
Rabanete	95,1	1,4	0,1	0,7	2,7	2,2	TACO (2011)
Taro	70,64	1,50	0,2	-	26,46	4,1	USDA (2013)
Yacon	87,45	0,26	0,10	0,15	12,4	-	Marangoni (2007)

Leg.: tr: traço

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4.7.1 Teor de água

Os tubérculos frescos apresentam alto teor de água, tornando-os uma opção secundária para produção de amidos, uma vez que o cultivo de cereais, que apresentam baixo teor de umidade, fornecem maior rendimento por área plantada. O teor de umidade elevado facilita as operações de processamento para produção de farinhas e extração de amidos, mas torna os tubérculos muito perecíveis após a colheita (CEREDA, 2003b).

Alguns deles, como a batata, podem ser estocados por longo tempo em condições de temperatura controladas, após passarem por um processo chamado “cura” que prolonga sua estabilidade ao armazenamento por até 4 meses. A mandioca apresenta rápida deterioração dentro de 24 a 72 h após a colheita, devido ao desenvolvimento de uma pigmentação azul-escura nos tecidos vasculares e dessecação do parênquima, que contém o amido, dando a raiz uma cor amarronzada ou preta com sabor desagradável. Este fato indica que a mandioca deve ser consumida ou armazenada em condições que impeçam esta deterioração ou processada dentro de aproximadamente 2 dias após a colheita (CÂMARA et al., 1982; LORENZI, 2003).

### 4.7.2 Carboidratos

Na Tabela 9 estão alguns exemplos da composição em carboidratos dos tubérculos e raízes.

**Tabela 9** – Características dos carboidratos de alguns tubérculos

Componentes	Alcachofra de Jerusalém	Batata doce	Batata inglesa cozida c/ pele	Yacon
Umidade (%)	80	59-78	85	-
Amido total (%)	-	13,4-29,2	12,5	-
Açúcares solúveis (%)	2,1	4,8-7,8	0,2	5-15
Fibra alimentar total (%)	-	-	1,3	-
Inulina/FOS (%)	10	-	-	40-70
Referências	Bach et al. (2012)	Silva et al. (2013)	Menezes et al. (2009)	Njintang et al. (2008)

Leg.: FOS: fruto-oligossacarídeo.

O amido está entre os principais carboidratos de reserva, como pode ser visto na batata, que representa a grande maioria dos tubérculos, mandioca, taro, cará, batata

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

doce etc.), mas pode-se destacar a presença de açúcares simples na batata doce e das fibras solúveis no yacon e na alcachofra de Jerusalém.

### 4.7.3 Açúcares

Grande parte das raízes e tubérculos apresenta açúcares em níveis de 0,5 a 2% (USDA, 2013), como no inhame, taro e mandioca, este fato faz com que eles não apresentem sabor doce, já quando a concentração aumenta para 4-7%, como na cenoura, batata doce e beterraba (USDA, 2013), o sabor doce fica evidenciado e torna o tubérculo muito agradável ao paladar. No yacon o teor de açúcar varia de 5-15% em base seca, tendo a frutose como principal açúcar, conferindo um sabor adocicado ao tubérculo (SANTANA; CARDOSO, 2008).

A beterraba é cultivada em climas temperados, na França, Alemanha e nordeste dos EUA. A beterraba apresenta açúcar como carboidrato de reserva (6,76 g de açúcares e 2,8 g de fibra alimentar, por 100 g de tubérculo cru, contendo cerca de 87,6% de água (USDA, 2013), sendo responsável por um quarto da produção mundial de sacarose, enquanto os outros três quartos são provenientes da cana de açúcar. A cenoura crua apresenta 4,74% de açúcares num total de 9,58% de carboidratos, tendo muito pouco teor de amido (USDA, 2013). A batata doce também apresenta alto teor de açúcares, 4,18% em 20% de carboidratos, mas também tem alto teor de amido, o que confere sabor e aroma muito agradáveis quando consumida cozida ou frita (CEREDA, 2003).

### 4.7.4 Amido

Na Tabela 10 estão as características de amido de alguns tubérculos. Os tubérculos contendo amido como principal carboidrato de reserva necessitam de tratamento térmico suficiente para a gelatinização do amido antes do consumo. A digestibilidade do amido está relacionada aos teores de amilose, presença de fibras e mucilagens e da época de colheita, pois após a maturidade do tubérculo pode ocorrer a lignificação do mesmo, tornando-o fibroso e de difícil cozimento (CEREDA, 2003; CÂMARA et al., 1982).

Diferente dos amidos de cereais, os amidos de tubérculos, também chamados féculas, mostram características físicas e reológicas muito apreciadas pela indústria, como pastas claras e translúcidas, alta viscosidade durante o cozimento e baixa retrogradação durante o resfriamento (BERTOLINI, 2010). A batata e o inhame apresentam grupos fosfatos ligados ao amido, o que confere a estas propriedades de

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

viscosidade e formação de gel diferenciadas dos demais tubérculos (BERTOLINI, 2010; CEREDA, 2003).

**Tabela 10** – Características dos grânulos de amidos de tubérculos\*

Origem do amido	Temperatura de gelatinização (°C)	Forma	Tamanho do grânulo (µm)	Amilose (%)	Digestibilidade
Araruta	75-92	Redondo, poligonal	10-18	16-28	alta
Batata	60-65	Oval, esférica	5-100	21-25	alta
Batata doce	60-80	Redondo, oval	3-40	15-25	alta
Biri	75-95	Oval, elíptica	5-44	25-30	média
Cará moela	65-95	Redondo, oval	6-100	15-25	baixa
Cará	68-95	Redondo, oval	1-10	16-28	baixa
Mandioca	58-75	Redondo	5-40	18-25	alta
Taro	78-90	Redondo	1-15	5-28	alta

Fonte: Eliasson (2004).

Pode-se destacar o amido de biri que tem propriedade de expansão excepcional, granulosidade e textura desejável para alguns produtos alimentícios, além de ser de fácil extração, uma vez que depois que o biri ralado está em suspensão, o amido se separa rapidamente (CEREDA, 2003). Industrialmente, a extração de amido de raízes e tubérculos tem sido realizada com a mandioca [27-36% de amido em base úmida (b.u.)], sendo seguido pela batata (13-16% b.u.) ou batata doce (18-25% b.u.) (SCOTT et al., 2000).

A mandioca, devido ao baixo teor de proteínas e lipídios, é considerada uma excelente fonte de amido pela pureza e método de extração relativamente simples e econômico (CEREDA, 2003; MOORTHY, 2008). De acordo com a Tabela 10 os grânulos de mandioca apresentam em sua maioria o formato arredondado com uma superfície plana em um dos lados e ampla variação de tamanho, de 5 a 40 µm (MOORTHY, 2008; BERTOLINI, 2010). A produção de amidos modificados e amido resistente de tubérculos são semelhantes às obtidas para produzir amido modificado de milho, porém o resultado é diferente devido às suas características (DIAS, 2001; FREITAS; LEONEL, 2008; SIMSEK, 2008).

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4.7.5 Fibra alimentar

O teor de fibras em tubérculos está relacionado ao tipo de cultivar e época da colheita. Por exemplo, quando as raízes de mandioca permanecem no solo além do estágio de maturidade, vai ocorrendo a lignificação das raízes, que se tornam duras e fibrosas, dificultando o seu uso industrial para produção de amido, farinhas etc. Os frutooligossacarídeos (FOS) e a inulina, que são fibras prebióticas, têm sido destacadas nos tubérculos: yacon (CEREDA, 2003b; SANTANA; CARDOSO, 2008) e chicória de Jerusalém (BACHU et al., 2012).

Bach et al. (2012) encontraram em diferentes variedades de chicória de Jerusalém com 20 a 22,8% de matéria seca, 1,6 a 2,2% de açúcar e 9,6 a 12% de inulina. Esta composição de carboidratos favorece o sabor doce e a textura crocante, no entanto, ela é pouco usada na dieta humana, apesar do grande potencial como alimento prebiótico. O yacon possui alto teor de água, em torno de 83 a 90% do peso fresco, e do restante do peso seco, possui de 70 a 80% de FOS, tendo baixo valor energético (VANINI et al., 2009). O seu uso foi negligenciado por longo tempo nas regiões andinas, onde é nativo, por não fornecer a energia necessária para o trabalho árduo em regiões frias, além de apresentar curta estabilidade ao armazenamento. Com o reconhecimento dos efeitos benéficos à saúde advinda do consumo de yacon, houve o aumento do interesse comercial e este passou a ser cultivado em outros países da América e outros continentes (SANTANA; CARDOSO, 2008). No Brasil, seu cultivo se iniciou em 1991, em Capão Bonito (SP) e seu consumo intensificou nos anos de 2000 e tornou-se conhecida como batata yacon pelas propriedades funcionais (OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2004; SANTANA; CARDOSO, 2008).

### 4.7.6 Proteínas

Os teores de proteínas são irrisórios e só têm importância quando os tubérculos são consumidos em alta quantidade, como por exemplo em populações de baixa renda, que não tem outra fonte proteica. Não são proteínas de alto valor biológico, pois apresentam aminoácidos limitantes, como a lisina e treonina na batata, a metionina na mandioca e metionina e lisina no inhame. O coeficiente de eficiência proteica da batata é de 2,0 em comparação com o da caseína que é de 2,5 (CHEFTEL; CUQ; LORIENT; 1989). No processo de extração de amido de batata, que tem a separação das proteínas e das fibras, esses nutrientes são usados na ração animal (BERGTHALLER, 2004).



## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4.7.7 Lipídios

Os lipídios presentes estão em quantidades inexpressivas. Destaca-se o gengibre que apresenta um teor de óleo essencial de 0,9% (LEONEL; CEREDA, 2004) que lhe confere propriedades aromáticas e de sabor, com aplicações na medicina popular.

### 4.7.8 Minerais e Vitaminas

Na Tabela 11 está a composição em minerais e vitaminas de alguns tubérculos. Eles apresentam baixo teor de minerais totais, com baixo teor de cinzas. O potássio é o mineral mais abundante (USDA, 2013) sendo seguido pelo fósforo, que se encontra na forma de grupos fosfatos ligados ao amido.

**Tabela 11** – Teores de vitaminas e minerais dos tubérculos e raízes *in natura* (parte comestível)

Vitaminas (mg por 100 g)	Batata com casca	Mandioca	Cará	Taro	Batata doce
Vitamina A (ERA)	0	1	7	4	709
Vitamina A, UI	0	13	138	76	14187
Vitamina E, mg	-	0,19	0,35	2,38	0,26
Vitamina K, µg	-	1,9	2,3	1	1,8
Vitamina C, mg	11,4	20,6	17,1	4,5	2,4
Tiamina, mg	0,021	0,087	0,112	0,095	0,078
Riboflavina, mg	0,038	0,048	0,032	0,025	0,061
Niacina, mg	1,033	0,854	0,552	0,600	0,557
Vitamina B6, mg	0,239	0,088	0,293	0,283	0,209
Vitamina B12, µg	0	0	0	0,0	0
Folato, DEF, µg	17	27	23	22	11
<b>Minerais</b>					
Cálcio, Ca, mg	30	16	17	43	30
Ferro, Fe, mg	3,24	0,27	0,54	0,55	0,61
Magnésio, Mg, mg	23	21	21	33	25
Fósforo, P, mg	38	27	55	84	47
Potássio, K, mg	413	271	816	591	337
Sódio, Na, mg	10	14	9	11	55
Zinco, Zn, mg	0,35	0,34	0,24	0,23	0,30

Leg.: ERA: Equivalente de Atividade de Retinol; UI: unidades internacionais; EFD: Equivalente de folato dietético.

Fonte: USDA (2013).

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

Em relação às vitaminas pode-se destacar a cenoura e a batata doce como fontes de carotenoides (USDA, 2013). A maior parte das tuberosas também apresentam bom conteúdo em vitaminas do complexo B (CEREDA, 2003; USDA, 2013). Porém, deve-se sempre levar em conta a quantidade consumida, devido ao alto valor energético (CEREDA, 2003).

### 4.7.9 Antioxidantes

As tuberosas como bardana, batata, batata doce amarela e roxa, cenouras, açafrão, yacon e beterrabas são conhecidas pelas propriedades antioxidantes de seus pigmentos. Os principais compostos antioxidantes são:

- **Vitaminas:** ácido ascórbico, carotenoides e alfa-tocoferol (TACO, 2001; USDA, 2013).
- **Compostos fenólicos:** Derivados dos ácido cafeico, ácido clorogênico, encontrado nas batatas, bardana e yacon; Antocianinas encontradas nas polpas de batatas vermelhas; glicosídeo peonidina, na batata-doce roxa; gingerol, diarilheptanoides, no gengibre.

## 4.8 FATORES TÓXICOS

Os principais compostos tóxicos encontrados em tubérculos e raízes são:

### 4.8.1 Glicoalcaloides:

Glicoalcaloides nas batatas, com prevalência da solanina e chaconina. O seu efeito tóxico ocorre no sistema nervoso, causando fraqueza e confusão, dor de cabeça, diarreia, coma e morte (KRTKOVA et al., 2011). A sua concentração aumenta quando o tubérculo é exposto à luz, dano físico e envelhecimento. Eles são encontrados na casca e o cozimento em altas temperaturas os destroem parcialmente. Cabe ressaltar que a exposição da batata à luz pode promover o esverdeamento devido a síntese de clorofila, mas o esverdeamento por acúmulo de glicoalcaloide pode ocorrer de forma independente (FREITAS; LEONEL, 2008; CALBO, 2013).

### 4.8.2 Glicosídeo cianogênico

Identificados na mandioca e no taro, sendo que a primeira é a mais conhecida como cianogênica, especialmente devido a sua ampla distribuição e consumo (CEREDA, 2003). A mandioca por si só não é tóxica, mas capaz de gerar ácido cianídrico (HCN) pela presença de dois glicosídeos cianogênicos, a linamarina e a lotaustralina, na proporção de aproximadamente 93:7. Estes compostos cianogênicos e

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

suas enzimas estão distribuídos por toda a planta. Para que ocorra a cianogênese é necessária que a estrutura tecidual da mandioca seja rompida, possibilitando que a enzima linamarase ( $\beta$ -glicosidase) entre em contato com a linamarina, hidrolisando-a enzimaticamente em glicose e  $\alpha$ -hidroxinitrilas. Esta última pode ser catalisada por uma hidroxinitrila liase, transformando-se espontaneamente em pH>5, em ácido cianídrico e cetonas. No entanto, se o tecido ficar intacto, não ocorre a hidrólise e a linamarina permanece estável e inócua (CEREDA, 2003).

Lorenzi (2013), baseando-se em resultados de inúmeras análises químicas de raízes de mandiocas cultivadas no estado de São Paulo, classificou as mandiocas de forma usual e objetiva, segundo a sua quantidade total de ácido cianídrico que uma determinada amostra é capaz de liberar, em:

- Mansas: menos de 100 ppm de HCN na polpa das raízes;
- Intermediárias: de 100 a 200 ppm;
- Bravas: mais de 200 ppm.

De acordo com este autor, embora a forma mais utilizada para classificação seja a degustação da polpa das raízes cruas (considerando que as bravas são mais amargas e as mansas doces), este método é pouco seguro e confiável devido à subjetividade sensorial deste método, sendo importante a quantificação do teor de ácido cianídrico através de métodos químicos.

Segundo Mezette (2007), as raízes de mandiocas mansas podem ser consumidas *in natura* ou processadas, enquanto as bravas podem ser consumidas somente após serem submetidas a algum processo de detoxificação. Os métodos de detoxificação para eliminar os compostos tóxicos, normalmente se baseiam nas propriedades físicas dos glicosídeos cianogênicos, que são solúveis em água e voláteis. Esses métodos também se baseiam nos fatores que interferem na reação de hidrólise desses compostos cianogênicos, tais como o pH, atividade de água, temperatura e estado físico do alimento (íntegro ou cominuído) (CEREDA, 2003). Muitos métodos de processamento, como os utilizados para obtenção da farinha são considerados eficientes para eliminar o ácido cianídrico, especialmente nas etapas de fragmentação, prensagem, lavagem, secagem (acima de 180 °C) e fermentação (LORENZI, 2003; BLAGBROUGH et al., 2010).

No entanto, alguns autores, como Grizotto (2000) e Unung et al. (2006) afirmaram que apesar do processamento tradicional das raízes de mandioca diminuir substancialmente o teor dos compostos cianogênicos, em algumas variedades os níveis ainda são considerados acima do reconhecidamente seguro. Segundo Cereda (2003), no Brasil a toxicidade com o ácido cianídrico é rara, necessitando de um grande

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

consumo de mandioca de uma única vez, pois a linamarina, a acetona cianoidrina e o ácido cianídrico não são cumulativos. No entanto, se ocorrer, pode causar danos neurológicos e até a morte por asfixia, uma vez que o HCN se liga ao ferro, interagindo com a hemoglobina e formando a cianohemoglobina, que impede o transporte de oxigênio para os tecidos.

Chisté et al. (2010), considerando que a farinha de mandioca (seca ou d'água) é a principal fonte de carboidrato para uma significativa parcela da população de menor poder econômico no estado do Pará, com consumo per capita de 34 kg/ano, realizaram estudo de acompanhamento da concentração de cianeto total durante as etapas de produção da farinha de mandioca dos grupos seca e d'água. Os autores verificaram que nas etapas de processamento da farinha seca, as raízes de mandioca brava da variedade Olho Vermelho (16 meses) com  $160 \pm 11,8$  mg HCN/kg passou para  $5 \pm 0,2$  mg HCN/kg no produto final. Enquanto na produção da farinha d'água, as raízes da mesma variedade de mandioca acima, mas com 17 meses, apresentou teor de cianeto total de  $321 \pm 21,6$  mg HCN/kg, e após o processamento, passou para  $9 \pm 0,1$  mg HCN/kg, sendo evidenciado a eficiência do processo de detoxificação em ambos os processamentos e, portanto, os produtos analisados foram considerados seguros.

### 4.8.3 Cristais de oxalato solúveis e insolúveis

Os tubérculos e as folhas de taro e taioba podem conter ráfides de cristais de oxalato de cálcio, que podem ser solúveis ou insolúveis e podem provocar os seguintes sintomas: edema de lábios, boca e língua; náuseas, vômito, diarreia, salivação, dificuldade e asfixia; o contato com os olhos pode provocar irritação e lesão da córnea (OSCARSSON; SAVAGE, 2007). O cozimento em água pode reduzir os cristais de oxalato solúveis, quando a água de cozimento for descartada, porém o assamento do tubérculo pode aumentar as concentrações de oxalato, devido à perda de água (OSCARSSON; SAVAGE, 2007).

Oscarsson e Savage (2007) nos estudos de determinações de oxalato de cálcio em folhas de taro, afirmaram que o consumo destas devem ser evitados por pacientes renais ou com predisposição a formação de cálculos renais. As folhas de taioba apresentam menor concentração de cristais de oxalato, mas devem ser refogadas, somente depois de cozidas ou fervidas em água, que deverá ser descartada.

### 4.8.4 Acrilamida

É um carcinógeno genotóxico que ocorre em alimentos termicamente processados sob condições de altas temperaturas, contendo na formulação açúcares

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

redutores e o aminoácido asparagina ou por migração deste composto da embalagem para o produto acabado. Como principal exemplo tem-se as batatas fritas (LAUZURICA; FAYOS, 2007).

### 4.9 PROCESSOS

Os processos relacionados aos tubérculos são na maioria das vezes, muito simples, com uso culinário regional. Eles são termicamente tratados para gelatinização do amido, que pode ser obtido por cozimento, assamento ou fritura. Os tubérculos com maior aplicação industrial são a beterraba, que é usada para produção de açúcar de mesa; a batata, usada para produção de batatas fritas, chips, purês, extração de amidos, com formação de coprodutos; e a mandioca, que apresenta grande versatilidade de produtos.

Os tubérculos, como batata e batata doce, logo após a colheita, devem ser limpos para a retirada de sujidades como a terra, e se forem lavados, devem seguir para o processo de cura, que é realizada com a exposição do tubérculo ao sol. É importante que este processo seja realizado antes da comercialização para terem maior estabilidade ao armazenamento, uma vez que a lavagem dos tubérculos, logo após a colheita, torna-os mais apropriados para o consumidor, porém os deixa susceptível ao ataque de patógenos (CEREDA, 2003; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2013). Os principais processos serão discutidos a seguir.

#### 4.9.1 Tubérculos minimamente processados

A mandioca minimamente processada é uma alternativa para prolongar o período de comercialização das raízes, agregando valor à matéria prima e atendendo às necessidades do consumidor que procura produtos de fácil preparo. Os produtos minimamente processados são fisicamente alterados de sua forma original, para torná-los convenientes ao preparo e consumo, permanecendo no estado fresco com qualidade e garantia de sanidade (JAMES; NGARMSAK, 2013), eles devem apresentar frescor característicos do produto *in natura*, qualidade aceitável pelo consumidor e estar livre de defeitos (RINALDI et al., 2013).

Rabanetes, nabos, cenouras, mandioca, mandioquinha-salsa, batata-doce e beterrabas são os tubérculos já disponíveis na forma minimamente processada. Os maiores entraves para tubérculos e raízes são o escurecimento enzimático, descoloração de algumas raízes, falta de condições necessárias para implantar o processo em agroindústrias, dificuldades em manter a cadeia de frio e de embalagens

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

adequadas, a perda de massa fresca durante o processamento e a contaminação microbiológica (RINALDI et al., 2013).

O processo consiste em seleção e classificação da variedade adequada, por exemplo, no caso da mandioca, deve ser selecionada a de mesa, com baixo teor de ácido cianídrico, lavagem, descasque, segunda lavagem, sanitização, enxágue, drenagem, acondicionamento em embalagens adequadas, com ou sem utilização de vácuo ou mistura gasosa previamente definidas, e manutenção em temperatura (de refrigeração ou congelamento) até o consumo (RINALDI et al., 2013). Ao avaliar cenouras minimamente processadas, Pilon et al. (2006) verificaram um teor de  $\beta$ -caroteno após estocagem, com perda de até 33% ao longo dos 28 dias de armazenamento.

### 4.9.2 Processamento por redução da atividade da água

Promover o maior aproveitamento de tubérculos por meio da produção de farinha estabilizada, tem norteado nosso grupo de trabalho e já temos resultados promissores, como o uso de inhame (WAHANIK et al., 2015a), açafraão (WAHANIK et al., 2015b), batata roxa (NERI NUMA et al., 2015), batata doce biofortificada (SCARTON, 2017), em massas alimentícias. Estes tubérculos, quando processados em farinhas, apresentaram estabilidade ao armazenamento e facilidade de aplicação em produtos alimentícios, promovendo o aumento de fibras e da capacidade antioxidante.

Na Figura 38 pode-se observar fatias de cará-de-espinho no processo de secagem solar, sendo essa secagem vantajosa por utilizar uma energia limpa e abundante em nosso país, e vem sendo estudada em nosso grupo de pesquisa para sua replicação de forma eficiente, sanitária e adaptável aos diferentes grupos sociais.

A deterioração fisiológica pós-colheita da mandioca promovida por reações enzimáticas e microbiológicas, limita a validade das raízes para até 48 h após a colheita e o emprego de processos de industrialização que prolonguem a vida útil são de grande relevância (CEREDA, 2003), tais como a mandioca minimamente processada (BEZERRA et al., 2002; VIEITES et al., 2012); chips de mandioca (GRIZOTTO, 2000); palito pré-frito congelado (BERBARI, et al., 2011); entre outros produtos tradicionais, como a fécula, o polvilho doce e o azedo, e as farinhas (CEREDA, 2013). Entretanto, o principal produto de importância industrial é a fécula e seus derivados, com aplicação principalmente nas indústrias alimentícias, papelreira, mineração, têxtil e farmacêutica.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.



**Figura 38** – Fatias de cará-de-espinho colocadas em grades de madeira para secagem solar.

Fonte: Própria autoria.

Em alimentos, a fécula possui inúmeras utilizações, especialmente em produtos embutidos, entretanto a sua modificação física e/ou química ampliou ainda mais o mercado, tornando possível aplicações onde o amido nativo apresentou limitações de uso. Nabeshima e Grossmann (2001) realizaram o intercruzamento da fécula de mandioca utilizando processo de extrusão termoplástica e obteve uma redução significativa da coesividade da pasta. Outros tipos de modificação química da fécula de mandioca vêm sendo estudada, tais como o intercruzamento seguido da acetilação (MALI; GROSSMANN, 2008), hidrólise ácida (PLATA-OVIEDO, 1991; CÔNSOLE, 1988) oxidação (DIAS, 2001), acetilação e intercruzamento (TEIXEIRA, 2002) entre outros estudos.

Na literatura encontram-se disponíveis estudos utilizando derivados da mandioca para obtenção de snacks, especialmente com a incorporação de ingredientes que agregam valor ao produto através da melhoria do perfil nutricional, seja pela adição de fibras ou proteínas, conforme alguns exemplos de pesquisas utilizando fécula e farelo de mandioca (HASHIMOTO; GROSSMANN, 2002), fécula e amido resistente (FREITAS; LEONEL, 2008), farinha de mandioca e concentrado proteico de soro de leite, farinha de soja, fécula e farelo de mandioca (SILVA et al., 2011; TROMBINI; LEONEL; MISCHAN, 2013).

O processo de extrusão termoplástica também tem sido utilizado para instantaneização de produtos, tal como o estudo realizado por Lustosa et al. (2009) para

## **Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS**

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

obtenção de farinha de mandioca instantânea e por Souza e Leonel (2010) que obtiveram produtos instantâneos ricos em fibra a base de fécula de mandioca de polpa cítrica, entre outros estudos.

### **4.9.2 Produtos obtidos da industrialização da mandioca**

Neste tópico serão destacados alguns produtos derivados do processamento da mandioca, assim como suas principais características.

#### *4.9.2.1 Biscoito de polvilho*

É um produto típico do Brasil, constituído basicamente de polvilho azedo, água, gordura e sal, por meio das etapas de escaldamento e/ou mistura, formatação e forneamento, resultam em produto expandido com crosta fina e estrutura alveolar macia e crocante (APLEVICZ; DEMIATE, 2007).

#### *4.9.2.2 Farinha de mandioca*

##### **De mesa e d'água ou de puba**

É obtida das raízes de mandioca devidamente limpas, descascadas, raladas, prensadas, peneiradas e secas em forno em processo lento ou rápido. Enquanto a farinha d'água ou de puba, originária da região amazônica, mas consumida até o Estado do Maranhão, é obtida a partir da fermentação das raízes (ou pubagem), que são colocadas na água, descascadas ou não e fermentadas por tempo variado. Depois de amolecidas, são descascadas, raladas, trituradas, peneiradas e secas. A alta temperatura de secagem proporciona a farinha uma granulometria mais grossa. Estas duas farinhas podem ser classificadas em subgrupos segundo a sua granulometria em farinha fina (máximo de 30% menor que 2 mm) e grossa (pelo menos 30% maior que 2 mm). Estes subgrupos se dividem em farinhas d'água (grossa) e seca (fina), em fina polvilhada, média, grossa e beiju (aspecto de flocos) (CEREDA, 2003).



## **Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS**

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### **Integral de mandioca**

Se assemelha à farinha de raspas, diferenciando-se por utilizar um processo mecanizado similar ao da extração da fécula, sendo obtida a partir da secagem em *flash dryer* da massa ralada e prensada da mandioca (CEREDA, 2003).

### **De raspas**

É a farinha obtida a partir da moagem de produtos secos, tais como as lascas (raízes cortadas em fragmentos grandes), aparas (fatias de raízes) ou raspas (fragmentos pequenos). Dois tipos de farinha de raspas podem ser produzidos, para alimentação humana ou animal, devendo o primeiro tipo ser fabricada mais cuidadosamente, incluindo etapas de lavagem, descascamento, corte mecânico e secadores. Este tipo de farinha foi muito utilizado no passado para substituir parcialmente a farinha de trigo em produtos de panificação e atualmente tem sido utilizado como ingrediente para produção de drageados salgados (CEREDA, 2003).

### **De tapioca**

É um produto obtida através do aquecimento da fécula úmida, cerca de 55%, e levada ao forno a temperatura de 70 a 80 °C, para permitir a geleificação do amido. A fécula é revolvida enquanto gelifica e seca, permitindo a agregação em partículas irregulares. Pode ser utilizada na produção de bolos, mingaus etc. (CEREDA, 2003).

### **Polvilho azedo**

É a fécula fermentada naturalmente ou com uso de inóculos, seco ao sol, que se caracteriza por apresentar a propriedade de expansão, sem a adição de agentes de crescimento, biológicos ou químicos (CEREDA, 2003; PLATA-OVIEDO, 1991).

### **Polvilho doce**

É a fécula produzida artesanalmente através de secagem ao sol. Se diferencia do polvilho azedo quanto à acidez, com valor de acidez titulável máxima de 5 mL NaOH N/100 g, enquanto o polvilho doce é de no máximo 1 mL NaOH N/ 100 g (CEREDA, 2003).

### **Tapioca de goma ou tapiquinha**

É o produto obtido da fécula úmida (cerca de 50%) peneirada ou esfarelada, que ao ser espalhada em uma chapa aquecida, forma-se uma placa/disco tal como o de uma panqueca, podendo receber com diversos tipos de recheios (CEREDA, 2003).

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### Sagu

Produto originalmente produzido de amido de palmeira, mas também pode ser preparado a partir da mandioca, no qual a fécula com 30% de umidade é aquecida sobre uma superfície metálica de um cozedor especial, sofrendo cozimento que aglomera os grânulos, evaporando a água e gelificando o amido, conduzindo a formação de grânulos translúcidos (CEREDA, 2003).

### 4.9.3 Outros produtos

Já existem produtos regionais industrializados como chips de tubérculos, os de cará roxo que podem ser encontrados principalmente em Manaus (Amazonas), e em preparações artesanais como em bolos, os tubérculos são utilizados na forma *in natura* (Figura 39A) e de farinha (Figura 39B).



**Figura 39** – (A) Bolo feito com taro ralado cru acompanhado de taro *in natura* e geleia de cupuaçu, (B) Fatia de bolo de cará roxo com banana da terra acompanhado de banana da terra *in natura*.

Fonte: Autoria própria.

### 4.10 EFEITOS DO PROCESSAMENTO NO VALOR NUTRITIVO

Os tubérculos com alto teor de amido quando cozidos, assados ou fritos apresentam alto índice glicêmico, pois o amido gelatinizado será facilmente usado pelas amilases do sistema digestório humano.

Na Tabela 12 pode-se ver alguns exemplos de produtos processados de tubérculos. A variação no valor nutricional está diretamente ligada a adição de outros ingredientes, como por exemplo, o alto valor energético do pão de queijo e do biscoito de polvilho. Nos processos de produção de farinhas, como por exemplo a farinha de mandioca, há perda de água e conseqüente aumento dos teores dos demais nutrientes.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

Já nos processos de fritura, percebe-se considerável aumento do teor de lipídios, tornando o produto com alto valor energético devido a perda de água, gelatinização do amido e aumento do teor de lipídeos.

Nos processos de cozimento têm-se verificado perdas de nutrientes solúveis para a água de cozimento, principalmente os sais solúveis de potássio, como exemplo, o taro cru apresenta 591 mg/100 g, já o taro cozido tem 484 mg/100 g (USDA, 2013).



### ***Facilitando o entendimento!***

Para conhecer mais as etapas do beneficiamento em grande escala da mandioca em farinha torrada, não deixe de assistir ao vídeo: “Farinheira – conheça o processo da mandioca até a farinha”, publicado no Canal “Momento Agro”. Disponível em:

[https://www.youtube.com/watch?v=fDXKHMHj\\_9A](https://www.youtube.com/watch?v=fDXKHMHj_9A).



Assista também ao vídeo: “Processo de beneficiamento da mandioca”, publicado em 2021 no Canal Sitião Agroflorestal, que apresenta as etapas para a produção de farinha de mandioca crua, em pequena escala. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=2kRVp2868PE>



Aproveitando a temática deste capítulo, sugere-se também o vídeo: “Nico e o tubérculo”, publicado em 2017 no Canal Saps Secretaria de Atenção Primária à Saúde, voltado para estudantes do Ensino Fundamental I, que aborda os temas cultura alimentar, comensalidade e grupos de alimentos. O vídeo é uma ótima ferramenta para de educação alimentar e nutricional, incentivo às práticas hábitos culinários e valorização do valor cultural da alimentação. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=biq3xE3O3Zc>



#### Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

Autores: ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

**Tabela 12** – Valor nutricional de produtos de tubérculos (g/100 g).

Produto	Umidade	Proteínas	Lipídios	Cinzas	Carboidratos	Fibra alimentar	Energia (Kcal)
Batata, baroa, cozida	79,3	0,9	0,2	0,8	18,9	1,8	80
Batata, doce, cozida	80,4	0,6	0,1	0,4	18,4	2,2	77
Batata, frita, tipo chips, industrializada	2,7	5,6	36,6	3,9	51,2	2,5	543
Batata, inglesa, cozida	86,4	1,2	Tr	0,5	11,9	1,3	52
Batata, inglesa, frita	44,1	5,0	13,1	2,2	35,6	8,1	267
Batata inglesa, sauté	83,1	1,3	0,9	0,6	14,1	1,4	68
Mandioca, cozida	68,7	0,6	0,3	0,4	30,1	1,6	125
Mandioca, farofa, temperada	6,4	2,1	9,1	2,1	80,3	7,8	406
Mandioca, frita	36,6	1,4	11,2	0,6	50,3	1,9	300
Polvilho, doce	12,6	0,4	Tr	0,2	86,8	0,2	351
Farinha, de mandioca, crua	9,4	1,6	0,3	0,9	87,9	6,4	361
Farinha, de mandioca, torrada	8,3	1,2	0,3	1,0	89,2	6,5	365
Farinha, de puba	9,8	1,6	0,5	0,8	87,3	4,2	360
Fécula, de mandioca	17,8	0,5	0,3	0,3	81,1	0,6	331
Pão, de queijo, assado	33,7	5,1	24,6	2,3	34,2	0,6	363
Pão, de queijo, cru	41,8	3,6	14,0	2,0	38,5	1,0	295
Tapioca, com manteiga	24,9	0,1	10,9	0,5	63,6	Tr	348
Biscoito polvilho doce	5,4	1,3	12,2	0,5	80,5	1,2	1831

Leg.: Tr: traço.

Fonte: TACO (2011).

### 4.11 BIOFORTIFICAÇÃO

Considerando os problemas nutricionais enfrentados pelos países em desenvolvimento, como o Brasil, a biofortificação das raízes tuberosas que são a base da alimentação de muitas regiões carentes, pode ser uma alternativa viável para melhorar a qualidade de vida destas populações por meio da ingestão de micronutrientes essenciais. Segundo Harvest Plus (2006), a introdução de produtos agrícolas biofortificados proporciona também maior sustentabilidade e baixo custo para os agricultores e consumidores. Estudos sobre melhoramento de mandioca e batata doce via seleção e cruzamento de genes chaves como forma a obter biofortificação no campo, vem sendo estudada por Mezzete (2007); Vieira et al. (2011); Parra et al. (2009), entre outros.

A biofortificação de alimentos consiste no melhoramento de culturas, elevando o teor de micronutrientes, sendo utilizada como forma de fornecer o aporte de nutrientes necessários, considerando dietas restritas e de baixa diversificação. No Brasil pesquisas desenvolvidas pela Rede Biofort da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vinculada ao programa AgroSalud, visam a propagação de cultivares biofortificados como estratégia ao combate da desnutrição e insegurança alimentar e nutricional, direcionando programas educativos junto a produtores e instituições de ensino, com vinculações a projetos de merenda escolar.

Em parceria com o Centro Internacional de La Papa, a EMBRAPA obteve o cultivar de batata-doce Beauregard, desenvolvido pela Louisiana Agricultural Experiment Station (1981). Esta cultivar caracteriza-se pela casca escura e avermelhada, polpa macia e sabor mais adocicado após o cozimento, sendo categorizada no grupo de batatas de polpa macia (ALVES et al., 2012; FERNANDES et al., 2014; BERNI et al., 2015), sendo destacada pelo elevado teor em carotenoides, possuindo polpa de coloração alaranjada (Figura 40). Os compostos carotenoides são pigmentos naturais com ampla distribuição na natureza, sendo responsáveis pelas cores laranja, vermelho e amarelo em vegetais em frutos, flores e raízes (UENOJO; MARÓSTICA JUNIOR; PASTORE, 2007). Certos carotenoides são capazes de serem convertidos em vitamina A.

A enzima responsável por esta conversão é a 15,15-dioxigenase, sendo denominados carotenoides provitamina A (MANN; TRUSWELL, 2007). O  $\beta$ -caroteno é o mais difundido carotenoide provitamina A, sendo o principal carotenoide encontrado em batata-doce de polpa alaranjada (VAN JAARVELD, 2006b; BERNI et al., 2014). A vitamina A é um micronutriente essencial, ou seja, que deve ser ingerido por não ser produzido pelo organismo humano e que desempenha funções fisiológicas importantes à manutenção da saúde, necessária ao crescimento e reparo dos tecidos (MANN; TRUSWELL, 2007). Também possui efeito na melhoria da imunidade, na comunicação

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

intracelular e contra doenças relacionadas ao envelhecimento, possuindo efeito sinérgico com outras vitaminas, tais como a vitamina C e E. A biofortificação em vitamina A é uma das estratégias mais efetivas para o combate de hipovitaminose A, auxiliando também na elevação da absorção de ferro, o que é importante no combate à anemia (Van JAARVELD, 2006a; TANUMIHARDJO, 2008).



**Figura 40** – Batata doce biofortificadas.  
Fonte: Autoria própria

Em estudos, a cultivar Beauregard apresentou média de 115  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno/g (BERNI et al., 2014), apresentando teores de provitamina A 10 vezes mais elevados, em comparação com variedades comumente consumidas no Brasil (ALVES et al., 2012). Além da biofortificação, também vêm sendo realizados estudos sobre variedades de mandioca com características especiais, tal como o estudo sobre uma variedade de mandioca nativa da Amazônia, considerada uma mutação genética natural de outras mandiocas, e que recebeu o nome de mandioca açucarada. Esta variedade apresenta alto teor de água, baixo ácido cianídrico, maior concentração de açúcar e menor quantidade de amido em relação aos valores médios das demais. De acordo com estas características, os pesquisadores estão verificando a possibilidade desta mandioca ser utilizada como alternativa para a produção de álcool (SÍGLIA, 2013).

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

### 4.12 PERSPECTIVAS FUTURAS

A mandioca, assim como a batata, batata doce, inhame e outras raízes e tubérculos, são importantes fontes de carboidratos, portanto, contribuem com energia, mas possuem quantidades muito pequenas dos demais nutrientes. Possuem importância nas regiões carentes, especialmente a mandioca, o taro e o inhame, por serem considerados itens básicos da alimentação de muitas populações.

Atualmente é necessário promover a valorização do consumo regional dos tubérculos, facilitando o plantio, a colheita e o processamento com o desenvolvimento de equipamentos, maquinários para o pequeno e médio produtor. A sociedade pode estabelecer e divulgar mais aplicações alimentícias, ampliar o conhecimento por meio da interação universidade e comunidade, ampliar as pesquisas acadêmicas e de extensão e promover eventos culturais. No futuro, com auxílio da biotecnologia, há uma perspectiva de que sejam desenvolvidas variedades de raízes e tubérculos com maior valor nutricional, maior vida útil, amidos interessantes para uso industrial, e outras características desejáveis.

### Agradecimentos

Os autores agradecem os recursos destinados a alunos de pós-graduação, como bolsas e auxílios da Capes (fundo 001) e CNPq, os bolsistas SAE-Unicamp, Evanilson Garcia Pessoa, Tábata Duarte da Gama, Maria Luísa, Maria Beatriz, a bolsista de iniciação científica, Cybele, a técnica Izilda de Fátima Rodrigues, ao prof. Pedro Campelo, da UFV, ao Prof. Domingos, ao Valdely Ferreira Kinupp, e professores e colegas da Universidade Federal do Amazonas, ao Instituto Federal do Amazonas, ao Chiquinho, Frank e a população de Caapiranga pela acolhida. A Fundação Cargill, pelos recursos concedidos para o projeto de pesquisa e extensão: Amidos e fibras ainda não comercializados, que está permitindo uma grande valorização dos tubérculos e raízes regionais que passaram a estar no centro das pesquisas acadêmicas e extensão universitária.

### Referências

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p.478-484, 2007.

BACH, V.; KIDMOSE, U.; KJELDSEN, B. G.; EDELENBOS, M. Effects of harvest time and variety on sensory quality and chemical composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers. **Food Chemistry**, v. 133, p. 82–89, 2012.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

BERBARI, S. A. G.; PRATI, P.; FREITAS, D. G. C.; VICENTE, E.; ORMENESE, R. C. S. C.; FAKHOURI, F. M. Utilização de coberturas comestíveis para redução de absorção de gordura em produtos estruturados pré-fritos congelados de mandioca. **Braz. J. Food Technol.**, v. 14, n. 3, p. 172-180, 2011.

BERGTHALLER, W. Development in potato starches. In: Eliasson, A.-C. **Starch in food**. CRC Press, Boca Ratón, cap.8, s.p.

BERTOLINI, A. C. Trends in starch applications. Bertolini, A. C. **Starches: Characterization, Properties, and Applications**. CRC Press, Boca Rotan, FL, Chapter 1, p-1-20, 2010.

BEZERRA, V. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D.; VILELA, E. R. Raízes de mandioca minimamente processadas: Efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência e agrotecnologia**, v.26, n.3, p.564-575, 2002.

BLAGBROUGH, I. S., BAYOUMI, S. A. L. ROWAN, M. G.; BEECHING, J. R. Cassava: An appraisal of its phytochemistry and its biotechnological prospects. **Phytochemistry**, v. 71, n.17/18, p.1940-1951, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Consea). II Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, 17-20 março, 2004. Brasília: Consea; 2004.

BRASIL. **Lei Nº 11.947**, DE 16 de junho de 2009. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/11947.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11947.htm), acesso em: 12 dez. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Hortaliças não-convencionais: (tradicional)/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo- Brasília: MAPA/ACS, 2010. 52p.

CALBO, A. G. **Batata** (*Solanum tuberosum*). Disponível em: [http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos\\_colheita/batata.htm](http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/batata.htm), acesso em: 10 jan. 2013.

CÂMARA, F. L. A.; SANTOS, F. F. Cultura da mandioquinha-salsa. In: Cereda, M. P. **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**, Fundação Cargill, São Paulo, v.2., Cap. 26, p. 519-532, 2003.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; FRANCISO, J. M.; LIMA, U. A. **Mandioca: Produção, pré-processamento e transformação agroindustrial** (Série Agroindustrial no. 4). São Paulo: Secretaria da Ind., Ciência e Tecnologia, 1982. 44p.

CAVALLI, V.L.L.O; SORDI, C., TONINI, K., GRANDO, A.; MUNERON, T., GUIGI, A.; ROMAN JÚNIOR, W.A. Avaliação in vivo do efeito hipoglicemiante de extratos obtidos da raiz e folha de bardana *Arctium minus* (Hill.) Bernh. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, n.1, p. 64-70, 2007.

CEREDA, M. P. **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**, v.2. Fundação Cargill, São Paulo, 2003.

CEREDA, M. P. Importância das tuberosas tropicais. In: Cereda, M. P. **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**, v.2, cap. 1, p. 13-25, Fundação Cargill, São Paulo, São Paulo, 2003b.



## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas Alimentarias**. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, 1989.p.346.

CHISTE, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; OLIVEIRA, S. S. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**, v.40, n.1, p.221-226, 2010.

CÔNSOLE, F. M. Z. S. **Otimização das condições de hidrólise ácida do amido de mandioca para obtenção de substituto de gordura: caracterização de hidrolisados e aplicação em bolos**. Tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1998. 171p.

DIAS, A. R. G. **Efeito de oxidantes, de ácidos orgânicos e da fração solúvel em água na propriedade de expansão do amido de mandioca fermentado**. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 2001. 166p.

DIAS, F. C. P.; SILVA, E. R. Análise físico-química de cará-de-espinho (*Dioscorea chondrocarpa* Griseb.) produzido em Manaus. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p.3859-3869 jan. 2021.

ELIASSON, A.C. **Starch in food**. CRC Press, Boca Ratón, Fl. 2004, s.p.

FAOSTAT. **Food e and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>, acesso em 10 de janeiro de 2013.

FIGUEIREDO, J. A. **Seleção de clones de batata-doce com potencial de utilização na alimentação humana e animal**. Dissertação de mestrado em Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2011. 55p.

FÓRUM Mundial de Soberania Alimentar (2001). Final Declaration. Havana, Cuba, 7 de setembro de 2001. disponível em: <http://www.foodfirst.org/media/news/2001/havanadeclaration.html>. Acesso em: 18 maio 2022.

FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.2, p. 183-190, 2008.

GOWERS, S. SWEDES AND TURNIPS. In.: Bradshaw, J.E. **Root and Tuber Crops**. Ed. Springer Science, 2010, cap. 8, p. 245-289.

GRIZOTTO, R. K. **Mandioca “chips” uma tecnologia para aproveitamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos da UNICAMP, Campinas, SP, 2000. 130p.

GROMMERS, H.E.; VAN DER KROGT, D.A. Potato starch: production, modifications and uses. In: BeMiller, J.N.; Whistler, R.L. **Starch, Chemistry and Technology**, 3ed. Ed. Elsevier, p. 511-539, 2009.

HARVEST PLUS (2006). **Desenvolvendo produtos agrícolas mais nutritivos**. Disponível em: <http://www.harvestplus.org/pdf/brochurepo.pdf>. Acesso em jan. 2013.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

HASHIMOTO, J. M.; GROSSMANN, M. V. E. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 38, n. 5, p. 511-517, 2003.

JAMES, J. B. AND NGARMSAK. T. **Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: a technical guide**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/i1909e/i1909e00.pdf>. Acesso em 12 de janeiro de 2013.

KRTKOVA, V.; SCHULZOVA, V.; NOVOTNA, H.; DVORAK, P.; HAJLSLOVA, J. Quality of potatoes from different farming systems. **3<sup>rd</sup> Scientific Conference: New findings in organic farming research and their possible use for Central and Eastern Europe**, Prague, Czech Republic, November 14 - 15, 2011. Disponível em <http://orgprints.org/20470>. Acesso em: 12 maio 2022.

LAUZURICA, L. Z.; FAYOS, J. G. Acrilamida en patatas fritas y productos de aperitivo elaborados en la Comunidad Valenciana. **Gaceta Sanitaria**, v.21, n.4, p.334-7, 2007.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 22, n.1, p. 65-69, 2002.

LIMA, K. S. C.; LIMA, A.L.S.; LUCHESE, R.H.; GODOY, R.L.O; SABAA-SRUR, A.U.O. Cenouras minimamente processadas em embalagens com atmosferas modificadas e tratadas com radiação gama: avaliação microbiológica, físico-química e química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 240-250, 2003.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Boletim Técnico da CATI, n. 245, 1a ed., Campinas, 2003. 116p.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; LEITE, T. D.; FRANCO, C. M. L.; MISCHAN, M. M. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**, v. 31, n. 2, p. 231-238, 2009.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E. Efeito da adição de sacarose em algumas propriedades funcionais de adipatos de diâmetro acetilados produzidos via extrusão. **Brazilian Journal and Food Technology**, v.2, n.1/2, p.51-55, 1999.

MARANGONI, A. Potencialidade de aplicação de farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) em produtos à base de cereais. **Tese de Mestrado em Tecnologia de Alimentos da UNICAMP**, Campinas, SP, 2007. 105p.

MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C.; SANTOS, R. C. M. J. W.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.L J. Classificação de germoplasma de *Dioscorea* sp. através da análise das componentes principais. **Ciência Rural**, v.30, n.4, p. 619-623, 2000.

MENEZES, E.W., GIUNTINI, E.B., DAN, M.C.T., LAJOLO, F.M. New information on carbohydrates in the Brazilian Food Composition Database. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p.446-452, 2009.

MEZETTE, T. F. **Seleção de variedades de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) com altos teores de carotenoides e vitamina A**. 2007. 58f. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) – Pós- Graduação – IAC.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

MONDINI, L., MONTEIRO, C. A. Mudanças no Padrão da Alimentação da População Urbana Brasileira (1962-1988). **Revista de Saúde Pública**, v.28, n.6, p.433-9, 1994.

MOORTHY, S. N. (2004). Tropical sources of starch. In Eliasson, A.-C. **Starch in food**. CRC Press, Boca Ratón, FL, cap. 11, p. 321-359.

MORO, T. M. A, PEREIRA, A. P. A., LOPES, A. S., PASTORE, G. M., CLERICI, M. T. P. D. S. Retention of bioactive compounds and bifidogenic activity of burdock roots subjected to different processes. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 27, n. 100448, 2022.

MORO, T. M. A., PEREIRA, A. P. A., LOPES, A. S., BARBIN, D. F., PASTORE, G. M., CLERICI, M. T. P. S. Use of burdock root flour as a prebiotic ingredient in cookies. **LWT – Food Science and Technology**, v. 90, p. 540-546, 2018.

NABESHIMA, E. H., MORO, T. M. A., CAMPELO, P.H., SANT'ANA, CLERICI, M. T. P. S. **Tubers and roots as a source of prebiotic fibers**. Chapter 7. In: Advances in Food and Nutrition Research, v. 94, p. 267-293, 2020.

NABESHIMA, E.H., GROSSMANN, M.V.E. Functional properties of pregelatinized and cross-linked cassava starch obtained by extrusion with sodium trimetaphosphate. **Carbohydrate polymers**, v. 45, n. 4, p. 347-353, 2001.

NEVES, E. C. A.; NASCIMENTO, G. C.; FERREIRA, A. R.; NEVES, D. A.; FUKUSHIMA, A. R.; LEONI, L. A. B.; CLERICI, M. T. P. S. Classificações e características nutricionais e tecnológicas de farinhas de mandioca comercializadas em Belém, Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2019143, 2020.

NJINTANG, A.Y.N.; SCHER, J.; MBOFUNG, C.M.F. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 2, pp. 294–305, 2008.

OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO; E.K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal Food Technology**, v.7, n.2, pp. 215-20, 2004.

OSCARSSON, K.V.; SAVAGE, G.P. Composition and availability of soluble and insoluble oxalates in raw and cooked taro (*Colocasia esculenta* var. Schott) leaves. **Food Chemistry**, v.101, pp. 559–562, 2007.

PARRA, E. S. B.; GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, v.68, n.3, p.601-609, 2009.

PILON, L.; OETTERER, M.; GALLO, C.R., SPOTO, M.H.F. Shelf life of minimally processed carrot and green pepper. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.26, n.1, p.150-158, 2006.

PLATA-OVIEDO, M. S. V. **Efeito do tratamento ácido nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de mandioca**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1991. 156p.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

RINALDI, M.M.; BENEDETTI, B.C.; VIEIRA, E.A.; MORETTI, C.L.; FIALHO, J.F.

**Processamento Mínimo: uma alternativa para os produtores de mandioca de mesa do Cerrado.** 277. ISSN online 2176-5081, 2010. 48p.

SANTANA, I.; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, v.2, n.38; pp. 898-905, 2008.

SCARTON, M. **Avaliação tecnológica, funcional e sensorial de massas alimentícias sem glúten com farinha de batata-doce biofortificada em provitamina A.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 2017. 157p.

SCOTT, G. J.; ROSEGRANT, M. W.; RINGLER, C. Roots and Tubers for the 21st Century Trends, Projections, and Policy Options. **International Food Policy Research Institute**, 2000, ISBN 0-89629-635-0.

SEN, M.; AKGUL, A.; OZCAN, M. Physical and chemical characteristics of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) corms. **Turkish Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.25, pp. 427–432. 2001.

SÍGLIA, R. **Mandioca açucarada para produção de álcool é tema de pesquisa.** Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2012/abril/2a-semana/mandioca-acucarada-para-producao-de-alcool-e-tema-de-pesquisa/>. Acesso em: jan. 2013.

SILVA, P. A.; ASSIS, G. T.; CARVALHO, A. V.; SIMÕES, M. G. Desenvolvimento e caracterização de cereal matinal extrudado de mandioca enriquecido com concentrado proteico de soro de leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, pp. 260-266, 2011.

SILVA, J.B.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce/** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional Pesquisa de Hortaliças. –Brasília: EMPRAPA-SPI, 2004. Disponível em <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce>. Acesso em: 18 maio 2022.

SIMSEK S; EL SN. Production of resistant starch from taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corm and determination of its effects on health by in vitro methods. **Carbohydrates Polymers**, v. 90, n.3, pp.1204-9, 2012.

SOUZA, R. P. de; MAIA, A. G.; MELO, N. G. M.; DANTAS, L. O.; MORENO, M. N.; MARTIM, S. R. Dioscorea bulbifera flour: a technological alternative for valuing the tuber available in the Amazon. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, pp. e589101523729, 2021.

SOUZA, L. B.; LEONEL, M. Efeito da concentração de fibra e parâmetros operacionais de extrusão sobre as propriedades de pasta de misturas de fécula de mandioca e polpa cítrica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, pp. 686-692, 2010.

TACO - TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - NEPA-UNICAMP 4. ed. Campinas NEPA-UNICAMP, 2011. 161p. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco>, acesso em: 10 jan. 2013.

## Cap. 4 – TECNOLOGIA DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

**Autores:** ELIZABETH HARUMI NABESHIMA, GUSTAVO C. DO NASCIMENTO, BRUNA L. TAGLIAPIETRA et al.

TEIXEIRA, M. A. V. **Amidos quimicamente modificados empregados na substituição de gordura em alimentos.** Tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 2002. 137p.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Desenvolvimento de snacks extrusados a partir de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.178-184, 2013.

UNUNG, J.E.; AJAYI, O.A.; BOKANGA, M. Effect of local processing methods on cyanogen content of cassava. **Tropical Science**, v.46, pp. 20-22, 2006.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference. December of 2011, Disponível em <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. Acesso em: 20 jan. 2013.

VANINI, M.; BARBIERI, R.L.; CEOLIN, T.; HECK, R.M.; MESQUITA, M.K. A relação do tubérculo andino yacon com a saúde humana. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v.8 (suplem.), pp.92-96, 2009.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G., BELLON, G.; SILVA, M. S. Caracterização molecular de acessos de mandioca biofortificados com potencial de uso no melhoramento genético. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, pp. 457-463, 2011.

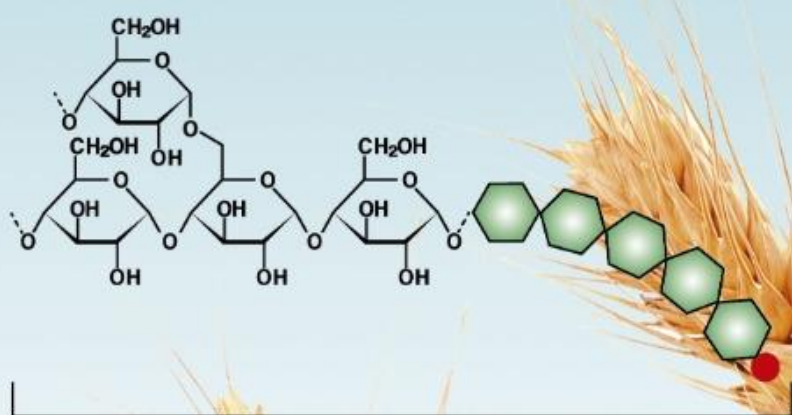
VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; CARVALHO, L. R.; GARCIA, M. R.; LOZANO, M. G.; WATANABE, L. M. Mandioca minimamente processada submetida a radiação gama Fresh cut cassava subjected to gamma radiation. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, pp. 271-282, 2012.

**Autora:** Janaína Guernica Silva & Silvia Mendonça Vieira

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Os cereais são produzidos em todo o mundo em quantidades maiores que qualquer outro tipo de alimento. Correspondem à principal fonte de energia para o ser humano, sendo o trigo, milho e arroz os cereais mais consumidos.

Este capítulo abordará as características dos principais cereais (trigo, milho, arroz, centeio, cevada, aveia e sorgo) utilizados para alimentação humana e animal, e os principais usos. Ainda serão abordados dados sobre o volume de produção e o mercado destes grãos.

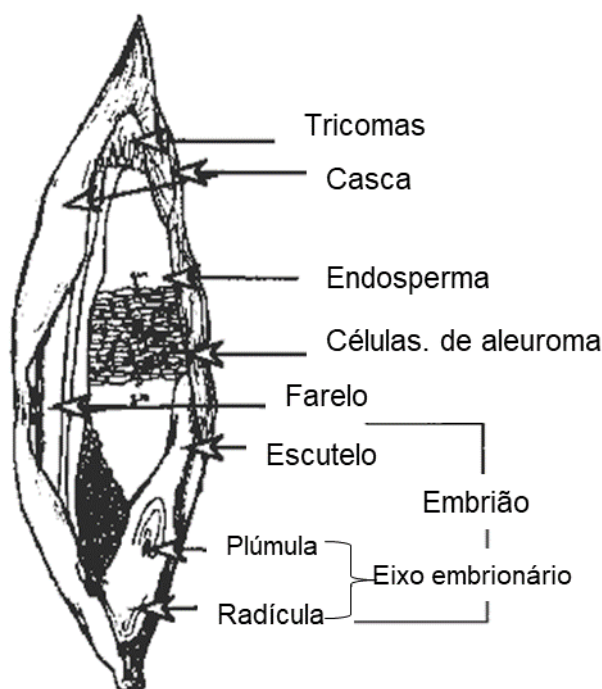


**AMIDO**

## **5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS**

Os cereais pertencem à família das gramíneas (Poaceae), sendo conhecidos 650 gêneros e aproximadamente 9.000 espécies. Seus frutos têm grande importância nutricional e econômica. Os cereais compreendem a base da dieta da população em alguns países em desenvolvimento, sendo produzido em todo o mundo em quantidades maiores que qualquer outro tipo de alimento e correspondem à principal fonte calórica para o ser humano. O trigo, arroz e milho somam o maior volume para alimentação humana. A cevada é o principal componente de cervejas e ocupa o quarto lugar. O sorgo, é muito usado para alimentação animal, mas vem ganhando destaque na alimentação humana.

Característico das gramíneas, o grão dos cereais é um fruto seco, denominado cariopse. No grão identificam-se o pericarpo e a semente (Figura 41). O pericarpo, recobre a semente e se adere firmemente a seu revestimento externo, a testa. Na semente encontra-se o endosperma, ao qual está aderido o germe ou embrião. Esse conjunto é recoberto pela fina camada de aleurona. A cariopse de todos os cereais se encontra envolta por diversas camadas celulósicas denominadas em conjunto glumas.



**Figura 41** – Grão de cereal e suas partes.

Fonte: Adaptado de FAO (1996). Disponível em: <http://www.fao.org/3/x2184e/x2184e03.htm>.

Acesso em: 03 nov. 2021

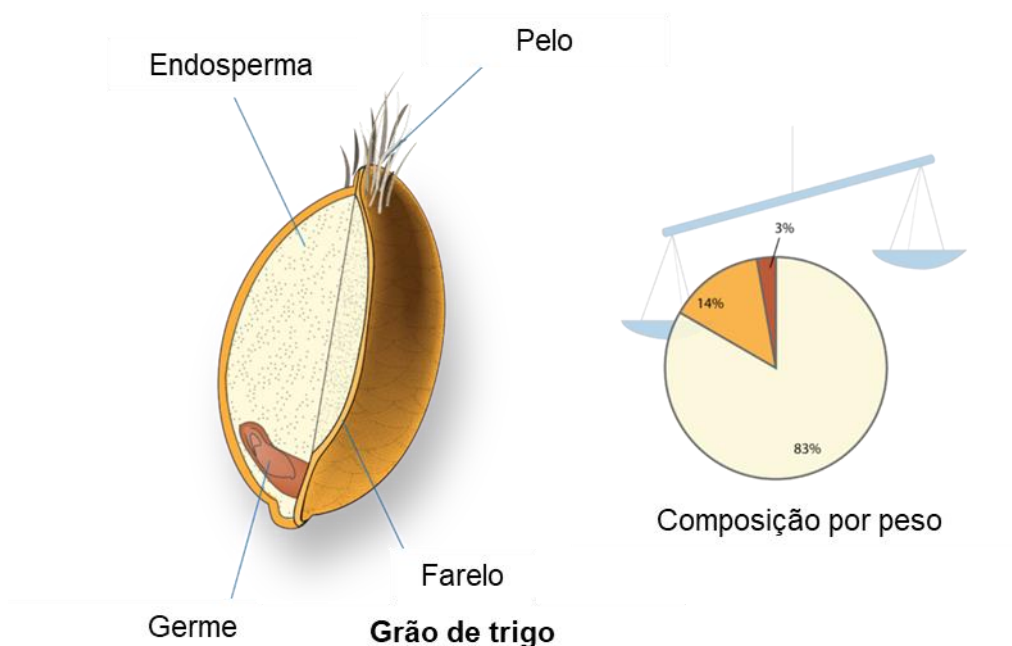
## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

Dentre os cereais utilizados para alimentação humana e animal, pode-se destacar: trigo (*Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Dest.), milho (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa*), cevada (*Hordeum vulgare*), centeio (*Secale cereale*), aveia (*Avena sativa*) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.).

### 5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os carboidratos são quantitativamente os principais componentes dos cereais. Os lipídios representam aproximadamente 3% do grão (Figura 42).



	Cho/g	Ptna/g	Lip/g	Fibra/g	Fe (% RDA)	outros
Farelo	63	16	3	43	59	vitamin Bs
Endosperma	79	7	0	4	7	
Germe	52	23	10	14	35	vitamin Bs omega-3/6 lipids

Valor nutricional (em 100 g)

**Figura 42** – Composição química de um cereal.

Fonte: Adaptado de Jkwchui (2011). Disponível em:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wheat-kernel\\_nutrition.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wheat-kernel_nutrition.png). Acesso em: 03 nov. 2021.

A composição centesimal dos principais cereais utilizados na alimentação humana encontra-se na Tabela 13.



## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

**Tabela 13** – Composição centesimal média (% na matéria seca) dos principais cereais utilizados na alimentação humana e/ou animal.

Espécie	Carboidratos (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Fibras (%)
Trigo	78,9	14,3	1,9	2,9
Milho	81,2	10,4	4,5	2,4
Arroz	87,5	8,9	0,4	2,9
Cevada	80,8	10,9	2,0	3,9
Aveia	80,1	13,4	1,8	2,6
Centeio	71,6	17,0	7,7	1,6
Sorgo	62,7	10,6	2,3	10,9

Fonte: Baier (1994); Guarienti et al. (2001); Martino et al. (2012)

### 5.1.1 Carboidratos

Os cereais são ricos em carboidratos, sendo o amido, predominante. O amido é um polissacarídeo formado por duas frações: a amilose e a amilopectina. A amilose é composta de moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha(1-4)$  e a amilopectina  $\alpha(1-4)$  e  $\alpha(1-6)$ . A proporção entre estes dois constituintes é variável de acordo com a espécie e grau de maturação. Dentro do grânulo, a amilose e a amilopectina encontram-se agrupadas. A identificação da origem do amido pode ser realizada através de microscópio óptico, de acordo com a forma, tamanho e zonas cristalinas.

O amido presente nos cereais é de grande importância, em função dos processos de gelatinização e retrogradação que sofrem quando uma pasta de amido é aquecida e resfriada. Uma suspensão de amido pode ser aquecida até certo limite sem que haja grande transformação, a não ser um ligeiro intumescimento dos grânulos. Com o aumento progressivo da temperatura, ocorre o rompimento dos grânulos, que se transforma numa substância gelatinosa, à qual se denomina pasta de amido. O processo de gelatinização se desenvolve numa determinada faixa de temperatura, que varia de acordo com a fonte botânica do amido, mas em média se situa entre 60 e 70 °C.

A retrogradação é o processo que ocorre em pastas de amidos resfriadas, onde as moléculas de amido gelatinizadas tendem a se reassociar, favorecendo uma estrutura mais ordenada. Neste caso, moléculas ou grupos de moléculas de amido dissolvido, se unem umas às outras por meio de pontes de hidrogênio. Como resultado, há um aumento da opacidade devido à formação de microcristais, sinérese e rachaduras no gel. O nome retrogradação é dado porque o amido volta à sua condição de insolubilidade em água fria.

### **5.1.2 Proteínas**

As proteínas dos principais cereais costumam ser deficientes em pelo menos um dos aminoácidos essenciais. O milho, o arroz, o trigo e a cevada são muito pobres em lisina e ricos em metionina. Além de sua importância nutricional, as proteínas dos cereais também influenciam sua utilização no processamento de alimentos. Particularmente, o trigo, que é amplamente consumido após o processamento, teve seu estudo iniciado há mais de 250 anos com o isolamento do glúten, sendo descrito pela primeira vez em 1745 por Beccari. Desde então, mais estudos sistemáticos foram realizados por Osbourne (1859-1929), que desenvolveu uma classificação das proteínas vegetais com base em sua solubilidade em uma série de solventes.

De acordo com a sua solubilidade, as proteínas encontradas nos cereais são divididas em quatro classes, albuminas (solúveis em água), globulinas (solúveis em soluções salinas), prolaminas (solúveis em soluções alcoólicas) e glutelinas (insolúveis em água, soluções salinas e soluções alcoólicas e solúveis em soluções ácidas ou alcalinas).

Embora esta classificação seja ainda amplamente utilizada, é comum dividir as proteínas em dois grupos: proteínas de reserva e proteínas com atividade metabólica. No grupo das proteínas de reserva encontram-se principalmente as proteínas insolúveis, que se encontram armazenadas em organelas denominadas corpos ou corpúsculos de proteína. As proteínas solúveis estão presentes principalmente no embrião e no endosperma, distribuídas entre enzimas de metabolismo, enzimas hidrolíticas, inibidores enzimáticos e lecitina.

As principais enzimas presentes nos cereais são as enzimas hidrolíticas (amilases, proteases, lipases, fitases) e oxidativas (lipo-oxigenases, polifenoloxidase, peroxidase e catalase).

### **5.1.3 Lipídios**

Os lipídios representam uma pequena porção dos grãos de cereais e são encontrados principalmente no germe (embrião). Podem ser divididos em três frações: livres, ligados ao amido e presos ao amido. Os lipídios livres são representados pelos triacilgliceróis e lipídios polares (fosfolipídios e glicolipídios). Os lipídios ligados ao amido são aqueles que são extraídos com solventes polares, em temperatura ambiente e os lipídeos presos ao amido só podem ser extraídos após a gelatinização do amido (fazem parte da constituição do grânulo).

De forma geral, os lipídios de cereais são ricos em ácidos graxos insaturados, sendo o mais comum o ácido linoleico, o que os tornam suscetíveis à oxidação. Entretanto,

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

na fração insaponificável dos lipídios são encontrados tocoferóis e tocotrienóis (substâncias com atividade de vitamina E) e em carotenoides.

### 5.1.4 Vitaminas e minerais

As vitaminas, assim como os lipídios encontram-se localizados principalmente no embrião. Nos cereais estão presentes as vitaminas do complexo B e vitamina E.

Os minerais são encontrados principalmente no pericarpo, de forma que o processamento dos cereais poderá reduzir drasticamente o seu conteúdo.

## 5.2 PRINCIPAIS CEREAIS

Dentre os cereais mais utilizados para alimentação humana e animal e que possuem maior volume de produção em todo o mundo estão o trigo, milho, arroz, aveia, centeio, cevada e sorgo.

### 5.2.1 Trigo

O trigo pertence à família das gramíneas, ao gênero *Triticum*. As principais espécies de cultivo são *Triticum monococcum*, *Triticum aestivum* e *Triticum durum*. O vocabulário triticum, que originou a palavra trigo, significa quebrado, triturado, fazendo referência à atividade que deve ser realizada para separar o grão da casca que o recobre. O trigo era inicialmente consumido em grãos, na forma de papa, misturado com peixes e frutas. Por volta de 4.000 a.C., os egípcios descobriram o processo de fermentação do cereal e a partir dessa descoberta produziram o pão. O grão espalhou-se pelo mundo e, cerca de 2.000 a.C., os chineses o utilizavam também para elaborar farinha, macarrão e pastéis. Na Europa, o cultivo se expandiu nas regiões mais frias, como Rússia e Polônia e foram os europeus, que no século XV trouxeram o trigo para as Américas. No Brasil, as primeiras sementes de trigo chegaram em 1534, mas só adquiriram importância econômica em meados do século XVII, quando plantadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo. No século XIX, houve a disseminação da doença denominada ferrugem, que se alastrou pelas lavouras de trigo e quase desapareceu com a cultura do trigo no país. No século XX, houve a concessão de incentivos financeiros, o que favoreceu o aumento da produtividade do grão.

Existe uma grande variação nas características do grão de trigo, devido às condições climáticas e de solo. Por este motivo, o trigo (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*, *Triticale sp.*) pode ser classificado quanto ao período do ano em que crescem (trigo de inverno ou trigo de primavera), mas também quanto ao conteúdo de glúten, que é o principal complexo de proteína encontrado no grão.



***Facilitando o entendimento!***

Para ampliar seus conhecimentos acerca do desenvolvimento do trigo, confira ao vídeo a seguir, intitulado: “Quais são as etapas do desenvolvimento da planta de trigo?”, publicado em 2021 no canal Elevagro. Disponível em:



<https://www.youtube.com/watch?v=VIPcfkuKpXA>

### ***5.2.1.1 Composição do trigo***

Os grãos de trigo são compostos pelo pericarpo e pela semente, que contém o endosperma, o gérmen e a camada de aleurona. Uma vez que esses constituintes não se distribuem uniformemente no grão, as características e propriedades dos produtos derivados do trigo, em especial, da farinha variam bastante e determinam sua utilização específica. As proteínas formadoras do glúten, presentes no endosperma da semente, representam 85% das proteínas da farinha e são as principais responsáveis pela qualidade panificável do trigo.

No processo de moagem, para a obtenção da farinha, o endosperma é separado da casca e do gérmen. No endosperma está o amido, que constituirá a farinha. A casca é rica em fibras, minerais e vitaminas e constitui o subproduto da moagem, denominado de farelo. O gérmen é rico em proteínas e lipídios, mas apesar do seu maior valor nutricional, quando comparados às demais partes, ele é geralmente destinado para ração animal.

Os trigos, no que se refere à dureza dos grãos, podem ser usualmente classificados em moles, duros e durum. A dureza do grão é a medida da dificuldade de sua desintegração durante a moagem e é influenciada pelo teor de proteínas totais. O trigo mole possui baixo teor de glúten e normalmente resulta em uma massa fraca com baixa absorção de água, proporcionando farinha muito fina, de coloração branca, motivo pelo qual é utilizado para fabricação de biscoitos, bolos e tortas. Já os trigos duros e durum contêm alto teor de proteínas e alta absorção de água. O trigo duro possui qualidade de glúten desejável para a elaboração de pães e de produtos fermentados. O trigo durum é usado basicamente para a produção de sêmolas e semolinas, empregadas na produção de massas alimentícias em virtude de sua coloração única e sua qualidade para cozimento.

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

### 5.2.1.2 Produção mundial e nacional

O trigo é o principal cereal colhido em todo o mundo. A produção estimada de trigo é de 773 mil toneladas métricas/hectare em 2021, com uma área de colheita de 222 milhões de toneladas métricas/ hectare.

A produção de trigo no Brasil é pequena, da ordem de 5.200 toneladas métricas/hectare, no ano de 2020. Esta foi insuficiente para suprir o consumo interno, que foi de 12.100 toneladas métricas/hectare. Os principais produtores e consumidores de trigo são União Europeia, China, Índia, Rússia e Estados Unidos (Tabela 14).

**Tabela 14** – Principais produtores e consumidores de trigo (em toneladas métricas/hectare).

<b>Produtor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	145.369	151.125	136.579	154.510
China	133.271	134.334	131.430	133.590
Índia	87.000	98.510	99.870	103.600
Rússia	72.529	85.167	71.685	73.610
Estados Unidos	62.832	47.380	51.306	52.581
Canadá	32.140	30.377	32.352	32.670
<b>Consumidor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	128.000	130.400	121.050	122.500
China	119.000	212.000	125.000	126.000
Índia	97.234	95.677	95.629	65.403
Rússia	40.000	43.000	40.500	40.000
Estados Unidos	31.865	29.246	29.989	30.564

Fonte: USDA (2021).

**Facilitando o entendimento!**



**Curiosidade:** A Resolução RDC nº 150/2017 trata do enriquecimento de farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico. Os fabricantes estão obrigados a enriquecer essas farinhas com 140 a 220 µg de ácido fólico para 100 g de produto e com 4 a 9 mg de ferro também para cada 100 g de produto. As farinhas enriquecidas devem conter no rótulo a seguinte frase: "O enriquecimento de farinhas com ferro e ácido fólico é uma estratégia para combater a má formação de bebês durante a gestação e a anemia." [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20165624/do1-2017-04-17-resolucao-rdc-n-150-de-13-de-abril-de-2017-20165414](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20165624/do1-2017-04-17-resolucao-rdc-n-150-de-13-de-abril-de-2017-20165414)



### 5.2.1.3 Mercado

O saldo comercial para o trigo apresenta resultado negativo devido às importações da Argentina superarem o saldo positivo das exportações nacionais (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Tabela 16).

**Tabela 15** – Importação de trigo (em toneladas) por país em 2021.

País	Quantidade (ton.)
Argentina	4.179.907,55
Canadá	31.314,36
Estados Unidos	66.024,06
França	206,48
Paraguai	280.975,86
Rússia	27.999,43
Uruguai	286.074,61
Líbano	38,90
<b>Total</b>	<b>4.872.541,23</b>

Fonte: Abitrigo (2021).

**Tabela 16** – Exportação de trigo (em toneladas) por país em 2021.

<b>País</b>	<b>Quantidade (ton.)</b>
Arábia Saudita	134.067,52
Coréia do Sul	60.000,00
Vietnã	136.792,57
Indonésia	57.000,00
Palestina	55.115,00
Tailândia	57.050,00
Marrocos	45.341,51
Outros	0,01
<b>Total</b>	<b>545.366,61</b>

Fonte: Abitrigo (2021).

O pão é o principal produto advindo do uso culinário da farinha de trigo. Seu aspecto, qualidade, sabor e composição nutricional variam de acordo com o tipo de farinha utilizada. Uma outra aplicação do trigo é sua separação em amido e glúten. O amido tem sido usado em indústrias de confeitos, xaropes e adoçantes e também em aplicações não alimentícias (adesivos, revestimentos de papel e embalagens biodegradáveis); já o glúten, como aditivo em formulações de pão, fortificante de cereais matinais e de alimentos para animais domésticos, e como um extensor em produtos de carne, peixe e aves.

### **5.2.2 Milho**

O milho (*Zea mays*) é uma espécie anual que pertence à família das Poáceas. É uma planta estival, cespitosa, ereta, com baixo afilhamento, com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente. Para expressão de seu máximo potencial produtivo, a cultura requer temperatura alta, ao redor de 24 e 30 °C, radiação solar elevada e adequada disponibilidade hídrica do solo.

O milho pode ser considerado a mais importante planta comercial com origem nas Américas. Há indícios que sua origem tenha sido no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos. É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo indicações de que vem sendo cultivado há pelo menos cinco mil anos. Logo após seu descobrimento, o milho foi levado para a Europa, onde seu valor alimentício tornou-se conhecido, passando a ser plantado em escala comercial desde a Rússia até a Argentina.

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

O milho é produzido em quase todos os continentes, sendo sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis. Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85%, em países desenvolvidos. Por outro lado, apesar de apenas 15% de toda a produção mundial destinar-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta, o milho é o cereal mais consumido pela maioria das populações de diferentes países da América Latina, África e Ásia, constituindo-se a principal fonte energético-proteica desses povos.



### ***Facilitando o entendimento!***

Para ampliar seus conhecimentos acerca do desenvolvimento do milho, confira ao vídeo a seguir, intitulado: “Escala fenológica do milho”, publicado em 2021 no canal Elevagro.

<https://www.youtube.com/watch?v=eXpSYoZOS-E>



### ***5.2.2.1 Composição química***

O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300 mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de lipídios. É um alimento essencialmente energético, uma vez que seus grãos são constituídos principalmente de carboidratos e, por isso, constitui-se a principal fonte energético-proteica dos povos que o utilizam em sua alimentação. Entretanto, a proteína do milho é deficiente em alguns aminoácidos essenciais, como a lisina e o triptofano, o que confere à sua proteína valor biológico de aproximadamente 50% em relação a uma proteína de referência.

A composição química do grão de milho varia nas suas diferentes partes. O endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos. Nesta parte estão presentes, também, as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas, chamadas zeínas. O gérmen corresponde a 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídios (óleo e vitamina E, 83%) e dos minerais (78%) do grão. Contém, ainda, quantidades importantes de proteínas (26%) e açúcares (70%). Nesta fração do grão estão presentes as proteínas do tipo albuminas, globulinas e glutelinas, que diferem significativamente, em composição e organização molecular, daquelas encontradas no endosperma e, por



## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

consequente, diferindo das primeiras em qualidade nutricional e propriedades tecnológicas. A composição do óleo presente no gérmen do milho é distinta dos outros óleos vegetais quanto aos percentuais de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados. Entretanto, a composição de ácidos graxos polinsaturados é semelhante à dos óleos de soja e girassol, em que o principal componente é o ácido linoleico, contendo um pequeno percentual do ácido linolênico.

Em média 5% do grão de milho é representado pelo pericarpo, estrutura de proteção contra umidade elevada do ambiente, insetos e micro-organismos. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67%) e celulose (23%), embora também contenham lignina (0,1%).

### 5.2.2.2 *Produção mundial e nacional*

Os principais consumidores de milho são Estados Unidos, China, União Europeia e Brasil, que juntos respondem por 65,15% da demanda global. Entretanto, também são os maiores produtores mundiais (Tabela 17).

Dentre os cereais produzidos no Brasil, o milho é o mais expressivo, com uma produção de 102.000 toneladas métricas, em 2020.

**Tabela 17** – Principais produtores e consumidores de milho (em toneladas métricas).

<b>Produtor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Estados Unidos	384.778	371.096	364.262	345.962
China	263.613	259.071	257.174	260.779
Brasil	98.500	82.000	101.000	102.000
União Europeia	61.935	62.046	64.376	66.718
<b>Consumidor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Estados Unidos	313.785	313.981	310.446	309.506
China	255.000	263.000	274.000	278.000
União Europeia	74.100	77.150	87.500	81.000
Brasil	60.500	63.500	67.000	68.500

Fonte: USDA (2021).

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

### 5.2.2.3 Mercado

O milho possui diversas formas de sua utilização, sendo amplamente utilizado na indústria de alimentos e na indústria de alta tecnologia, o que demonstra sua grande importância econômica. Entretanto, a maior parte de todo o milho produzido, cerca de 70% são destinados para alimentação animal. Nos Estados Unidos, cerca de 50% são destinados a esse fim, enquanto no Brasil varia de 60% a 80%. O milho é umas das *commodities* agrícolas mais importantes do mundo, sendo a principal fonte energética para ração animal, bem como base alimentar de alguns países e, não menos importante, na produção de combustível renovável (etanol).

Os principais exportadores mundiais de milho são Estados Unidos, Brasil e Argentina, e importadores, União Europeia, México e Japão (Tabela 18).

**Tabela 18** – Principais exportadores e importadores mundiais de milho (em toneladas métricas).

Exportador	2017	2018	2019	2020
Estados Unidos	55.618	63.668	49.241	46.923
Brasil	19.794	25.116	38.773	34.187
Argentina	22.951	24.198	32.879	39.917
Importador	2017	2018	2019	2020
União Europeia	14.971	18.469	25.254	18.607
México	14.614	16.129	16.658	16.526
Japão	15.169	15.668	16.050	15.888

Fonte: USDA (2021).



#### **Facilitando o entendimento!**

Para ampliar o seu conhecimento sobre pesquisas de aplicação de novas variedades de milho desenvolvida pela EMBRAPA a partir de sementes crioulas. Assista ao vídeo intitulado: “Milho branco tem potencial para produção de farinha sem glúten”, publicado em 2019, no canal TV Embrapa. A reportagem em questão se inicia no momento 10 min e 10 s do vídeo. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=IUdRCnZv8iU>



## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

O milho possui diversas formas de utilização, como pode ser observado no Quadro 4.

**Quadro 4** – Formas de utilização do milho no Brasil.

Destinação	Forma/ Produto final
Uso animal direto	Silagem; rolão; grãos (inteiro/desintegrado) para aves, suínos e bovinos
Uso humano direto de preparo caseiro	Espiga assada ou cozida; pamonha; curau; pipoca; pães; bolos; broas; cuscuz; polenta; angus; sopas; farofa
Indústria de rações	Rações para aves (corte e postura); outras aves; suínos; bovinos (corte e leite); outros mamíferos
Indústria de alimentos produtos finais	Amidos; fubás; farinhas comuns; farinhas pré-cozidas; flocadas; canjicas; óleo; creme; pipocas; glicose; dextrose
Intermediários	Canjicas; sêmola; semolina; moído; granulado; farelo de germe
Xarope de glucose	Balas duras; balas mastigáveis; goma de mascar; doces em pasta; salsichas; salames; mortadelas; hambúrgueres; outras carnes processadas; frutas cristalizadas; compotas; biscoitos; xaropes; sorvetes
Xarope de glucose com alto teor de maltose	Cervejas
Corante caramelo	Refrigerantes; cervejas; bebidas alcoólicas; molhos
Maltodextrinas	Aromas e essências; sopas desidratadas; pós para sorvetes; complexos vitamínicos; produtos achocolatados
Amidos Alimentícios	Biscoitos; melhoradores de farinhas; pães; pós para pudins; fermento em pó; macarrão; produtos farmacêuticos; balas de goma
Amidos Industriais	Para papel; papelão ondulado; adesivos; fitas gomadas; briquetes de carvão; engomagens de tecidos; beneficiamento de minérios
Dextrinas	Adesivos; tubos e tubetes; barricas de fibra; lixas; abrasivos; sacos de papel; multifoliados; estampagem de tecidos; cartonagem; beneficiamento de minérios

### **5.2.3 Arroz**

O arroz (*Oryza sativa*) surgiu na Ásia e foi disseminado primeiramente na Índia. Da Índia, o consumo da cultura teria se estendido para a China e a Pérsia, atual Irã, difundindo-se para o sul e leste, passando pelo Arquipélago Malaio e alcançando a Indonésia em torno de 1.500 a.C. O arroz foi introduzido no Japão pelos chineses, por volta do ano 100 a.C. e levado pelos árabes aos países mediterrâneos e à Europa pelos povos da Macedônia e Índia. A entrada do cereal na África Ocidental teria sido realizada pelos portugueses, cabendo aos espanhóis a introdução da cultura nas Américas.

Atualmente, o arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Assim, o arroz é essencial para a segurança alimentar e nutricional para mais da metade da população mundial, além de ser integrante do hábito alimentar da população brasileira. Sua produção ocorre em todo o país, mas tem maior concentração na Região Sul do país, que é responsável por quase 80% da oferta nacional.

#### *5.2.3.1 Composição química do arroz*

O grão de arroz é formado pelo ovário fecundado e contém uma única semente aderida às suas paredes, pericarpo e são envoltos por uma casca protetora que corresponde a aproximadamente 20% do peso do grão. O grão sem casca denomina-se cariopse. A cariopse é formada pelo pericarpo, tegumento e a camada de aleurona, que juntos representam 5 a 8% da massa do grão de arroz integral, apresentam fibras e pequenas quantidades de outros carboidratos. A camada de aleurona é constituída pelos corpos proteicos (grãos de aleurona) e corpos lipídicos. O embrião, também denominado gérmen, localiza-se no lado ventral na base do grão. É rico em proteínas e lipídios, e corresponde de 2 a 3% da massa do grão de arroz integral. Os carboidratos são os principais constituintes do arroz. O endosperma constitui de 89 a 94% do grão e é composto principalmente por grânulos de amido com alguns corpos proteicos. O amido corresponde a 90% da matéria seca do arroz polido, mas também estão presentes açúcares livres e fibras.

O processamento influencia o percentual de amido no grão. O arroz branco polido apresenta 87,58%, o parboilizado polido, 85,08% e o integral, 74,12%, devido à remoção do farelo. O processo de beneficiamento dos grãos compreende as etapas de limpeza, descascamento, brunição e polimento, e tem por objetivo melhorar a aparência e a pureza dos lotes, além de protegê-los contra pragas e doenças. No descascamento, separa-se a casca da cariopse, obtendo-se o arroz integral. Este, quando polido para a remoção do farelo (pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen), que representa 8,5 a 14,8%

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

do arroz integral, origina o arroz branco polido. A parboilização, é um processo hidrotérmico aplicado aos grãos em seu estado natural que visa, entre outros, transferir para o endosperma grande parcela das vitaminas hidrossolúveis e sais minerais contidos no tegumento e no embrião e melhorar as condições de conservação.

O arroz apresenta pequena quantidade de açúcares livres, como a sacarose, glicose e frutose, localizados principalmente nas camadas externas do grão, sendo sua concentração afetada pela variedade, grau de polimento e processamento. A concentração de fibra alimentar é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro, resultando em baixa concentração desses componentes nos grãos submetidos ao polimento. O conteúdo de proteínas no arroz é considerado baixo, em média 8%. As proteínas podem ser classificadas em albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas. No endosperma, a glutelina forma a principal fração, correspondendo a aproximadamente 80% das proteínas, com menor concentração de albumina e globulina (15%) e prolamina (5-8%). Já o farelo apresenta aproximadamente 60% de albumina, seguido por prolamina e glutelina (27%) e globulina (7%).

Os lipídios podem ser encontrados na camada de aleurona, no embrião e no endosperma, ou associados a grânulos de amido. Entretanto, a maior concentração ocorre no gérmen (1/3 do conteúdo total) e na camada de aleurona. Dessa forma, a concentração de lipídios é maior no arroz integral, sendo reduzida com o polimento, geralmente observando-se concentrações inferiores a 1% no arroz polido.

Os principais ácidos graxos no arroz são os ácidos palmítico (16:0), oleico (18:1) e linoleico (18:2), correspondendo a aproximadamente 95% dos ácidos graxos presentes nos lipídios totais. Portanto, o arroz contém proporção significativa de ácidos graxos insaturados, que possuem papel importante em vários processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação.

A concentração de minerais difere nas frações do grão. Enquanto no arroz com casca o silício é componente dominante, no arroz integral e polido, destacam-se fósforo, potássio e magnésio. Ferro e zinco, dois minerais essenciais para a saúde humana, estão disponíveis em baixas concentrações no grão. Com a parboilização, observa-se aumento no conteúdo mineral comparado ao arroz branco polido, relacionado à migração de minerais das camadas externas para o endosperma durante o processo.

O arroz contém principalmente vitaminas do complexo B e  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E), com concentrações insignificantes das vitaminas A, D e C. A concentração é maior nas camadas externas do grão, sendo que, para tiamina, riboflavina, niacina e  $\alpha$ -tocoferol,

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

aproximadamente 78, 47, 67 e 95%, respectivamente, estão presentes no farelo. Dessa forma, o polimento reduz significativamente a concentração de vitaminas.

Diversos compostos fenólicos já foram identificados, destacando-se, no arroz, os ácidos fenólicos, principalmente, os ácidos ferúlico e *p*-cumárico. O ácido fítico (mioinositol hexafosfato, IP6) é encontrado em maior concentração nas camadas externas do grão (aproximadamente 88%), estando associado principalmente à camada de aleurona. Dessa forma, o polimento resulta em redução significativa da sua concentração.

O arroz precisa ser seco adequadamente após a colheita para a sua boa conservação durante o armazenamento. Tanto para o arroz armazenado a granel quanto em sacarias, a umidade dos grãos deve ser de 13 a 14%.



### ***Facilitando o entendimento!***

Para visualizar o processamento do arroz, assista ao vídeo: “Agro cultura – como é o beneficiamento do arroz”, publicado em 2020 no canal “Conectado 24 h”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=t-duOi2GyuY>. Trata-se de uma matéria jornalística realizada em uma unidade de beneficiamento de arroz, demonstrando todas as etapas envolvidas ao longo da recepção à comercialização do produto final.



Assista também ao vídeo intitulado: “Arroz: passo a passo do beneficiamento!”, publicado no canal “Vale Agrícola”. A partir de uma visita técnica, são demonstradas as etapas do beneficiamento de arroz, com explicação acerca dos diferentes tipos, com destaque para o processo de parbolização. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=AQDPbZP\\_Mbk](https://www.youtube.com/watch?v=AQDPbZP_Mbk)



### ***5.2.3.2 Produção mundial e nacional***

A produção mundial estimada de arroz para o ano de 2020 é de 504.020 toneladas métricas. O Brasil ocupa a 11ª posição, atrás de grandes produtores asiáticos. O país produziu uma média anual de 7.140 toneladas na safra 2019/2020, o que corresponde a 1,4% da produção mundial.

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

Os principais produtores e consumidores mundiais de arroz são a China, seguido da Índia (Tabela 19).

**Tabela 19** – Principais produtores e consumidores mundiais de arroz (em toneladas métricas).

<b>Produtor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
China	147.766	148.873	148.490	146.730
Índia	109.698	112.760	116.480	118.426
Bangladesh	34.578	32.650	34.909	35.850
<b>Consumidor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
China	141.761	142.509	142.920	145.230
Índia	95.838	98.669	99.160	105.740
Indonésia	37.500	37.000	36.300	36.000

Fonte: USDA (2021).

### 5.2.3.3 Mercado

Em 2020 foram importadas 974.873,57 toneladas de arroz, principalmente do Paraguai, Uruguai e Argentina na forma de arroz com casca, arroz descascado (não parboilizado), arroz parboilizado (brunido ou polido), arroz quebrado e outros (Tabela 20).

**Tabela 20** – Importação de arroz (em toneladas) em 2020.

<b>País</b>	<b>Quantidade (toneladas)</b>
Paraguai	488.612,31
Uruguai	195.142,25
Argentina	97.248,97
Outros países	193.870,04
<b>Total geral</b>	<b>974.873,57</b>

Fonte: Abiarroz (2021).

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

Com relação à exportação, no ano de 2020 foram 1.400.507,47 toneladas de arroz exportado para vários países de quase todos os continentes, sendo os principais a Venezuela, Senegal e Peru (Tabela 21).

A maior parte do arroz é comercializado na forma de grãos, onde o beneficiamento originará o arroz integral, polido e parboilizado. Os resíduos ou coprodutos gerados pelo beneficiamento compreendem a casca, farelo e quirera (arroz polido quebrado). A casca representa o maior volume, em média, 22%, sendo sua principal utilização, a produção de energia. O farelo representa cerca de 8% do beneficiamento do arroz, sendo uma das partes mais nutritivas do grão, e é muito usada para alimentação animal. Os grãos quebrados (quirera) representam 1/5 do valor comercial dos grãos inteiros, entretanto, são usados para a produção de farinha de arroz e outros produtos alimentícios, principalmente produtos sem glúten.

**Tabela 21** – Principais países exportadores de arroz (em toneladas) em 2020.

País	Quantidade (toneladas)
África do Sul	44.452,91
Costa Rica	115.642,94
Cuba	60.569,00
Estados Unidos	65.179,04
Gâmbia	96.001,94
México	100.368,17
Peru	118.554,62
Senegal	124.487,06
Serra Leoa	93.599,38
Venezuela	301.962,86
<b>Total geral</b>	<b>1.400.507,47</b>

Fonte: Abiarroz (2021).

### 5.2.4 Aveia

A aveia é uma monocotiledônea pertencente à Família Poaceae que apesar de ser de clima temperado, pode ser cultivada em diferentes condições climáticas. Mundialmente, as principais espécies cultivadas são a branca (*Avena sativa* L), amarela (*Avena byzantina* Koch) e a preta (*Avena strigosa* Schreb). As duas primeiras espécies apresentam folhas



## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

largas e colmos grossos, enquanto a preta, possui folhas mais estreitas e colmos finos. As plantas possuem sistema radicular fasciculado, colmos cilíndricos e eretos e nós e entrenós relativamente cheios durante o período vegetativo. As folhas são desprovidas de aurícula e possuem lígula bem desenvolvida, o que distingue a aveia dos demais cereais. As lâminas foliares apresentam de 14 a 40 cm de comprimento e de 5,5 a 22,0 mm de largura. Algumas cultivares podem atingir alturas superiores a 1 m.

A inflorescência da aveia é uma panícula piramidal, com grãos primários e secundários e raramente terciários. O grão de aveia é uma cariopse formada pelo ovário fecundado e contém uma única semente aderida ao pericarpo. O grão possui o embrião, endosperma, farelo e a casca. O peso de 1.000 sementes varia conforme a espécie, de 15 a 18 g nas aveias pretas e de 30 a 40 g nas aveias brancas. O ciclo da cultura é muito variável, de 120 a mais de 200 dias, dependendo da espécie cultivada e da época de semeadura.

### 5.2.4.1 *Composição química da aveia*

Os grãos de aveia apresentam características nutricionais geneticamente determinadas, entretanto pode haver variações influenciadas pelas condições ambientais. Em média, os grãos apresentam 13% de água, 14% de proteína, 2% de óleo, 2% de fibras e 2% de minerais, além de 67% de extrato não nitrogenado, constituído principalmente de amido. As proteínas, agrupadas em albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas, são muito importantes, pois conferem características únicas à farinha dos cereais. A fração proteica é de globulinas que juntamente com as albuminas são proteínas solúveis em água e possuem funções metabólicas e estruturais. As prolaminas e glutelinas, denominadas proteínas de armazenamento, possuem um importante papel na germinação da semente.

As cinzas são compostas pelos minerais e não perfazem 2% do grão descascado. Os teores de cinzas nos grãos de aveia com casca sobem de 3% a 4%. A quase totalidade (95%) é constituída de fosfatos e sulfatos de cálcio, magnésio e potássio. Na aveia, os lipídios em encontram-se distribuídos por todo o grão, e destacam-se nutricionalmente por sua razão favorável entre ácidos graxos polinsaturados e saturados, pelo seu alto conteúdo de ácidos oleico e linoleico, vitaminas e por suas propriedades antioxidantes.

### 5.2.4.2 *Produção mundial e nacional*

A produção mundial de aveia, estimada para o ano de 2021, é de 25.470 toneladas métricas, sendo os principais produtores e consumidores União Europeia, Rússia e Canadá (Tabela 22).

**Tabela 22** – Principais produtores e consumidores mundiais de aveia (em toneladas métricas).

<b>Produtor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	8.044	8.058	7.790	8.079
Rússia	4.750	5.448	4.715	4.420
Canadá	3.231	3.733	3.436	4.227
<b>Consumidor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	7.950	7.900	7.920	7.840
Rússia	4.800	5.400	4.700	4.200
Canadá	1.854	2.041	2.083	2.419

Fonte: USDA (2021).

#### 5.2.4.3 Mercado

O grão de aveia é amplamente utilizado para a fabricação de produtos de panificação, com o objetivo de melhorar os teores de fibra alimentar, pois contém uma quantidade considerada de fibras em relação aos demais cereais, alcançando assim, uma boa aceitação pelo consumidor, relacionado à diminuição dos níveis de colesterol e riscos de doenças coronárias. Por isso, tem crescido o interesse dos consumidores por produtos que contenham este grão em sua formulação.

Os principais exportadores de aveia são Canadá, Austrália e União Europeia, e os principais importadores, Estados Unidos, China e México (Tabela 23).

**Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS**  
**Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA**

**Tabela 23** – Principais exportadores e importadores mundiais de aveia (em toneladas métricas).

<b>Exportador</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Canadá	1.557	1.685	1.896	1.800
Austrália	455	550	250	245
União Europeia	179	128	106	230
<b>Importador</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Estados Unidos	1.530	1.543	1.398	1.592
China	278	389	224	222
México	119	168	129	137

Fonte: USDA (2021).

### 5.2.5 Centeio

O centeio (*Secale cereale* L.), espécie originária do sudoeste da Ásia, pode ser cultivado sob condições ambientais bem diversificadas quando comparado aos outros cereais de inverno. Podem ser encontradas lavouras de centeio desde o Círculo Polar Ártico até o extremo sul da América do Sul, em locais próximos ao nível do mar ou a 4.300 m de altitude. Esse cereal também pode ser encontrado em regiões de clima seco ou frio e em solos arenosos e pouco férteis.

O grão é usado na alimentação humana, na fabricação de pães e biscoitos e na indústria de bebidas destiladas claras. Na alimentação animal, os grãos podem ser consumidos misturados a outros cereais. Pode ser usado também para forragem verde, para recuperar solos degradados, em função da sua adaptação a solos pobres e pouca exigência a insumos.

#### 5.2.5.1 Composição química do centeio

As porcentagens de carboidratos, proteínas, lipídios, fibras e cinzas do centeio não se diferenciam muito de outros cereais de inverno. A composição pode variar em função da cultivar, clima e solo, entretanto, contém maiores teores de pentosanas. Em média, o grão de centeio possui, na base seca, 13,4% proteínas, 1,8% lipídeos, 2,6% fibras, 2,1% cinzas, 80,1% carboidratos e 7,5%-10,2% pentosanas.

A qualidade nutricional das pentosanas está principalmente relacionada a uma série de efeitos fisiológicos benéficos, como a diminuição da absorção de gorduras, a

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

redução do colesterol e da glicose no sangue, o aumento da fermentação microbiana no cólon (efeito prebiótico) e a redução da constipação.

Algumas características específicas diferem o centeio do trigo. Nenhum outro cereal apresenta proteínas com capacidade para formação de massa como o trigo; o centeio e o triticale se aproximam destas características, mas além de possuírem menos proteínas formadoras de glúten, o alto teor de fibras solúveis prejudica a formação desta rede proteica. As pentosanas do centeio fazem com que a massa formada apresente alta capacidade de absorção de água e de adesividade (pegajosidade), mesmo com as propriedades elásticas e de retenção de gás prejudicadas.

### 5.2.5.2 *Produção mundial e nacional*

Os principais produtores e consumidores mundiais de centeio são União Europeia, Rússia e Bielo-Rússia, sendo a produção mundial estimada em 14.261 toneladas métricas em 2021 (Tabela 24).

**Tabela 24** – Principais produtores e consumidores de centeio (em toneladas métricas).

<b>Produtor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	7.440	7.401	6.208	8.392
Rússia	2.538	2.540	1.914	1.424
Bielo-Rússia	651	670	503	756
<b>Consumidor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	7.600	7.700	6.500	8.000
Rússia	2.400	2.500	1.750	1.550
Bielo-Rússia	700	665	550	750

Fonte: USDA (2021).

No Brasil, o centeio foi introduzido por imigrantes alemães e poloneses no século XIX, sendo cultivado, principalmente, em solos ácidos e degradados e em altitudes acima de 600 m. Em 2020 foram produzidas 10.139 toneladas de centeio, sendo o Paraná e o Rio Grande do Sul os principais estados produtores.

### 5.2.5.3 *Mercado*

Os principais exportadores de centeio são União Europeia e Canadá e os principais importadores Estados Unidos, União Europeia e Japão (Tabela 25).

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

**Tabela 25** – Principais exportadores e importadores mundiais de centeio (em toneladas métricas).

Exportadores	2017	2018	2019	2020
União Europeia	139	92	187	260
Canadá	132	227	152	147
Importadores	2017	2018	2019	2020
Estados Unidos	172	324	294	283
União Europeia	16	137	221	1
Japão	24	21	23	19

Fonte: USDA (2021).

No Brasil, o mercado do centeio é limitado e instável, sendo os moinhos os principais compradores do produto para a elaboração de farinhas para a panificação. Diversas empresas no país ofertam farinha de centeio, flocos de centeio, misturas ou pré-mesclas para pão de centeio e pães industriais de centeio.

Na alimentação animal, se misturado na ração em proporções não superiores a 20%, o centeio tem o mesmo valor energético dos outros cereais. É indicado para pastoreio, forragem verde e fenação.

### 5.2.6 Cevada

A cevada (*Hordeum sp.*), originária do Oriente Médio, é o quinto grão em ordem de importância mundial após arroz, milho, trigo e soja. É um cereal de inverno, tendo sua produção concentrada nas regiões temperadas da Europa, Ásia e América do Norte.

Estima-se que 65,8% da produção mundial de cevada se destinam à alimentação animal, 18,9% ao processamento industrial, 6,9% à reserva de semente, 4,7%, à alimentação humana direta e 0,4% a outros usos.

#### 5.2.6.1 Composição química da cevada

A cevada é um cereal rico em carboidratos, proteínas, vitaminas, minerais e fibras. Em média possui 60,1-75,2% amido, 11,0-16,6% proteínas, 2,3-3,9% lipídeos, 1,4-3,5% minerais e 11-20% fibra total, sendo 3-10% fibra solúvel e 6-14% fibra insolúvel. As fibras desempenham importante papel na alimentação, pois podem aumentar a saciedade e o trânsito intestinal, prevenindo a constipação. Auxilia na perda de peso e na redução da

## **Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS**

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

glicemia pós-prandial, contribuindo na diminuição de riscos para doenças cardiovasculares, câncer, síndrome do cólon irritável e síndrome metabólica.

Na cevada são também encontrados compostos antioxidantes como a rutina, quercitrina, miricetina, o ácido cafeico e o ácido ferúlico. A rutina é empregada na prevenção/ tratamento da insuficiência venosa ou linfática, e na prevenção aos danos causados pela radiação ultravioleta. A quercitrina e os ácidos cafeico e ferúlico atuam, principalmente, como anti-inflamatórios e a miricetina está associada à redução de LDL colesterol, e aumento de leucócitos sanguíneos.

### *5.2.6.2 Produção mundial e nacional*

Os principais produtores mundiais de cevada são União Europeia, Rússia e Austrália e os consumidores, União Europeia, Rússia e Arábia Saudita (Tabela 26).

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

**Tabela 26** – Principais produtores e consumidores mundiais de cevada (em toneladas métricas).

<b>Produtor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	59.866	58.651	55.980	63.219
Rússia	17.547	20.211	16.737	19.939
Austrália	13.506	9.254	8.819	9.000
<b>Consumidor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
União Europeia	55.100	54.000	51.600	55.200
Rússia	14.700	14.500	12.200	15.400
Arábia Saudita	9.825	8.525	7.025	7.225

Fonte: USDA (2021).

### 5.2.6.3 Mercado

A cevada é empregada na alimentação humana, principalmente na forma de malte utilizado na fabricação de bebidas (cerveja e destilados). Também é usada na produção de alimentos e medicamentos; de farinhas ou flocos destinadas a composição de produtos de alimentação infantil, de panificação (pães, doces e confeitos), dietéticos e de sucedâneos de café.

Na alimentação animal, a cevada é empregada como forragem verde, feno, silagem, grãos e na fabricação de rações, que se constitui no maior uso mundial da cevada.

No Brasil, a cevada é cultivada em escala comercial exclusivamente para uso na fabricação de malte, principal matéria prima da indústria cervejeira. A expansão da cultura da cevada é relativamente recente e deve-se em grande parte às iniciativas da indústria cervejeira que fomentou a produção nacional para garantir oferta e pelo encarecimento do produto externo na década de 1970.

Os principais exportadores mundiais de cevada são Austrália, União Europeia e Rússia, e importadores, Arábia Saudita e China (Tabela 27).

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

**Tabela 27** – Principais exportadores e importadores mundiais de cevada (em toneladas métricas).

Exportador	2017	2018	2019	2020
Austrália	9.192	6.088	3.666	3.231
União Europeia	5.683	5.857	5.877	7.908
Rússia	3.626	5.661	4.320	5.141
Importador	2017	2018	2019	2020
Arábia Saudita	8.400	7.700	5.700	7.300
China	8.104	8.144	5.181	5.969

Fonte: USDA (2021).

### 5.2.7 Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura amplamente cultivada em todo o mundo. É o quinto cereal de maior plantio, depois do trigo, milho, arroz e cevada, sendo principalmente cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica. O grão deste cereal foi domesticado para consumo humano e animal na África, entre 3.000 e 5.000 anos atrás e, posteriormente, difundido para a Índia e a China. Atualmente, mais de 35% da produção é destinada ao consumo humano, principalmente nos continentes asiático e africano e o restante é usado essencialmente para alimentação animal.

No Brasil, assim como em muitos países, utiliza-se o sorgo basicamente na alimentação animal. Porém, o interesse no uso do cereal como alimento humano tem crescido, em razão da presença de amido resistente, altos teores de fibra dietética e diversos compostos bioativos que contribuem positivamente para a nutrição e a saúde humana. Além disso, o sorgo não possui glúten, podendo ser uma alternativa para o trigo na produção de alimentos, especialmente para os celíacos.

#### 5.2.7.1 Composição química do sorgo

A composição química do sorgo varia de acordo com o genótipo e, em todos eles, o amido corresponde ao principal macronutriente, com variação entre 55,6 e 75,2% do cereal, seguido por proteínas, polissacarídeos não amiláceos e lipídios. Os teores de proteínas nos grãos variam entre 7,3 e 15,6%, os de fibras entre 1,2 e 6,6%, os de lipídeos entre 0,5 e 5,2%, e os de cinzas entre 1,1 e 2,5%. Os lipídios dos grãos de sorgo estão presentes, principalmente, no gérmen e as fibras concentram-se no pericarpo. Os minerais,



## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

encontram-se em maior concentração no gérmen, sendo uma boa fonte de mais de 20 minerais como fósforo, potássio, ferro e zinco.

O sorgo também é rico em compostos fenólicos, como poliflavanóis, antocianinas e ácidos fenólicos, cujos níveis variam de acordo com os genótipos e tem sido considerado fonte potencial de nutracêuticos. Os ácidos fenólicos do sorgo, na maioria, são derivados dos ácidos benzoicos ou cinâmico e encontram-se concentrados no pericarpo (farelo) dos grãos. Os ácidos fenólicos identificados nesse cereal incluem o ácido gálico, *p*-hidroxibenzoico, vanílico, sirínico, protocatecuico, cumárico, cafeico, ferúlico, sinápico, entre outros. As antocianinas encontram-se também concentradas no pericarpo, sendo as cultivares de sorgo negro as mais ricas, seguidas das marrons e das vermelhas.

Algumas frações dos grãos, especialmente o pericarpo, têm alta capacidade antioxidante *in vitro* e podem oferecer benefícios à saúde humana, como redução de dislipidemias, inflamações, obesidade, câncer e doença cardiovascular.

### 5.2.7.2 Produção Mundial e Nacional

Os principais produtores mundiais deste grão são Estados Unidos, Nigéria, Etiópia, México e Índia e os principais consumidores China, Etiópia, Nigéria e México (Tabela 28).

**Tabela 28** – Principais produtores e consumidores de sorgo (em toneladas métricas).

<b>Produtor</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Estados Unidos	12.199	9.192	9.271	8.673
Nigéria	7.556	6.939	6.721	6.665
Etiópia	4.752	4.816	4.932	5.200
México	4.638	4.545	4.700	4.328
Índia	4.568	4.803	3.475	4.733
<b>Consumidores</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
China	7.400	6.900	3.600	7.200
Nigéria	7.350	6.950	6.650	6.650
Etiópia	4.700	4.646	4.882	5.230
México	5.300	4.700	5.100	5.000

Fonte: USDA (2021).

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

A produção mundial de sorgo para o ano de 2021 é estimada em 61.623 mil toneladas métricas. A produção nacional no ano de 2020 foi de 2.200 toneladas métricas, sendo toda destinada ao consumo interno.

### 5.2.7.3 Mercado

Os principais exportadores de sorgo são Estados Unidos, Argentina e Austrália e os importadores, China, Japão e União Europeia (Tabela 29).

**Tabela 29** – Principais exportadores e importadores de sorgo (em toneladas métricas).

<b>Exportador</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Estados Unidos	6.031	4.839	2.437	5.480
Argentina	457	473	254	426
Austrália	542	449	91	107
<b>Importador</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
China	5.209	4.436	652	3.709
Japão	561	577	449	426
União Europeia	194	486	796	90

Fonte: USDA (2021).

Na África, os grãos de sorgo são utilizados no preparo de uma variedade de produtos alimentícios, como: mingaus, cuscuz, produtos de panificação, cervejas e farinhas pré-cozidas para uso instantâneo. No Brasil, o sorgo vem sendo cultivado principalmente visando a produção de grãos, para suprir a demanda das indústrias de ração animal ou como forragem, para alimentação de ruminantes. Entretanto, a busca por alimentos mais nutritivos, com características funcionais e sem glúten, aliada às novas descobertas sobre a importância do sorgo nesses aspectos, desencadeou uma nova e crescente demanda pelo cereal.

Cultivares de grãos brancos apresentam boas propriedades para processamento e têm sido usadas com sucesso na confecção de uma variedade de produtos usualmente elaborados com outros cereais, como biscoitos, tortilhas e massas alimentícias. Esses produtos de sorgo, de forma geral, apresentaram sabor suave, o que é bastante desejável. Outro potencial aplicação do sorgo é no emprego como ingrediente em alimentos sem glúten, por ser isento de proteínas formadoras de glúten e por possuir sabor neutro, o que amplia as possibilidades de sua inserção em diversas formulações.

## **REFERÊNCIAS**

ABIARROZ. **Associação Brasileira da Indústria do Arroz**. Disponível em: <http://www.abiarroz.com.br/estatisticas>. Acesso em 20 ago. 2021.

ANVISA. Resolução RDC nº150 de 13 de abril de 2017. Dispõe sobre o enriquecimento das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico. Brasília, D.F.: **Diário Oficial da União**. 2017.

ARBEX, P.M.; MOREIRA, M.E.C.; TOLEDO, R.C.L.; CARDOSO, L.M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M.; BENJAMIN, L.A.; LICURSI, L.; CARVALHO, C.W.P.; QUEIROZ, V.V.V.; MARTINO, H.S.V. Extruded sorghum flour (*Sorghum bicolor* L.) modulate adiposity and inflammation in high fat diet-induced obese rats. **J. Functional Foods**. v. 42, p. 346-355, 2018.

AWIKA J. M.; ROONEY L. W.; WU, X. L.; PRIOR, R. L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p. 6657-6662, 2003.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential aspects on human health. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 65, p. 1199-1221, 2004.

AWIKA, J. M.; McDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 16, p. 6230-6234, 2005.

BAIER, A. C. **Centeio**. Passo Fundo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1996. ISSN 0101-6644

BAIOCCHI, M. L. M. **Aproveitamento de subproduto do beneficiamento do arroz: desenvolvimento de farinha modificada como alternativa para a indústria de panificação**. 2011. 103 f. Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

BRESSANI, R. Protein quality of high lysine maize for humans. **Am. Assoc. Cereal Chem.**, v. 36, n. 9, p. 806- 811, 1991.

BUSHUK, W. Wheat: chemistry and uses. **Cereal Foods World**, v. 31, n. 3, p. 218-226, 1986.

CONAB. **A cultura do trigo**. Organizadores Aroldo Antônio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: Conab, 2017. 218 p.

CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. v.7, p. 1-100, 2019.

DIAS, B. F. Santana, G. S., Pinto, E. G., & Oliveira, C. F D. Caracterização físico-química e análise microbiológica de cookie de farinha de aveia. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 10-14, 2016.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. J.; BERKEL, W. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

Autoras: JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

DYKES, L.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D.; ROONEY, W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 17, p. 6813-6818, 2005.

DYKES, L.; ROONEY, L. W. Sorghum and millet phenols and antioxidants: review. **Journal of Cereal Science**, London, v. 44, p. 236-251, 2006.

EMBRAPA TRIGO. **O trigo**. Documentos on line n. 74. 2006. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do74\\_2.htm#:~:text=Os%20cereais%20assim%20como%20os,capa%20da%20semente%20\(testa\)](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do74_2.htm#:~:text=Os%20cereais%20assim%20como%20os,capa%20da%20semente%20(testa))

FONSECA, J. R.; CUTRIM, V. dos A.; GUSMÃO, A. R. E.; FARIA, J.M. (2008). **Descritores Botânicos, Agronômicos e Fenológicos do Arroz (*Oryza sativa* L.)**. Embrapa Arroz e Feijão, 28 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 226). Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc\\_226\\_000fyvibndf02wx5ok0ejlyhdmukfs5o.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc_226_000fyvibndf02wx5ok0ejlyhdmukfs5o.pdf). Acesso em: 22 dez. 2020.

GUARIENTI, E M., DEL DUCA, L.J.A., FONTANELI, R.S., ZANOTTO, D.L. Composição química dos principais cereais de inverno do Brasil. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, v. 7, n. 1, p.7-14, 2001. Disponível em: <http://www.revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/issue/view/28>

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. 327 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Estatística da produção agrícola. 2021. Acesso em 25 ago. 2021. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201001\\_5.shm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201001_5.shm)

IRGA Instituto Rio Grandense do Arroz. Secretaria Estadual da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. **Produção Mundial de Arroz (Base beneficiado)**. Disponível em: <https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/17154729-producao-mundial-de-arroz-2019-20.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2020.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B.O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap.2, p.17-57.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em 25 ago 2021.

KAMATHA, V. G.; CHANDRASHEKARB, A.; RAJINI, P. S. Antiradical properties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour extracts. **Journal of Cereal Science**, London, v. 40, p. 283-288, 2004.

KAMINSK, T.A.; SILVA, L.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; FERRÃO, T.S. Nutritional, technological and sensory attributes of rye pasta. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 137-144, abr./jun. 2011.

LORENZETT, D. B.; NEUHAUS, M.; SCHWAB, N. T. Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Gestão Industrial**, v. 08, n. 01, p. 219-232. Santa Maria, RS, 2012.

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

LUIZ, V. Estudo dos parâmetros ecofisiológicos para avaliação da qualidade de sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.) produzidas na região sul do Brasil. Dissertação (Mestrado). Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 72 f. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/80509/206350.pdf?sequence=1>.

MANO, Y.; KAWAMINAMI, K.; KOJIMA, M.; OHNISHI, M.; Ito, S. Comparative composition of brown rice lipids (lipid fractions) of indica and japonica rices. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.63, n.4, p.619-626, 1999.

MARTINO, H. S. D.; TOMAZ, P. A.; MORAES, E. A.; CONCEIÇÃO, L. S. da; OLIVEIRA, D. da. S.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S.; PIROZI, M. R.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M.; RIBEIRO, S. M. R. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.

MIDDLETON, E. JR.; KANDASWAM, C.; THEOHARIDES, T. C., The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. **Pharmacological Reviews**, v. 53, p. 673-751, 2000.

MORAES, E. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.; SCHAFFERT, R. E.; CECON, P. R.; PAULA, P. S. de; BENJAMIM, L. dos A.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunal morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, v. 49, p. 553-559, 2012.

MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais do cultivo da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do139.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm).

NUNES, J.L.S. **Histórico do arroz**. Disponível em [http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/informacoes/historico\\_361591.html](http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/informacoes/historico_361591.html). Acesso em 25 ago 2021.

PAES, M.C. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Circular Técnica 75. Embrapa Milho Sorgo. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>.

PRIMAVESI, A. C.; RODRIGUES, A. de A.; GODOY, R. 2000. Recomendações técnicas para o cultivo de aveia. **Boletim de Pesquisa**, 6. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos. 39 p.; 21em. (Embrapa Pecuária Sudeste. ISSN 15180271). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/45809>. Acesso em: 22 dez. 2020.

QUEIROZ, V.A.V.; VIZZOTTO, M.; CARVALHO, C.W.P.; MARTINO, H.S.D. **O sorgo na alimentação humana**. Circular técnica 133, Sete Lagoas: MAPA, 2009. ISSN 0100-9915. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2010/22430/1/Circ-133.pdf>. Acesso em 23 fev. 2021.

QUEIROZ, V. A.V.; MORAES, E.A.; MARTINO, H. S. D.; PAIVA, C. L.; Menezes, C. B. Potencial do sorgo para uso na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n.278, p.7-12, jan. /fev. 2014.

ROONEY, L. W. **Food and nutritional quality of sorghum and millet**. INTSORMIL Annual Report, Lincoln, p. 91-93, 2007.

## Cap. 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA, BIOQUÍMICA E MERCADO DE CEREAIS

**Autoras:** JANAÍNA GUERNICA SILVA & SILVIA MENDONÇA VIEIRA

SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.], v. 53, n. 370, Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue, pp. 947–958, 2002.

SINGH, H.; SODHI, N. S.; SINGH, N. Characterisation of starches separated from sorghum cultivars grown in India. **Food Chemistry**, London, v. 119, p. 95-100, 2010.

SUBZWARI, S.; BRYANT, G.; SMALL, D. M. Characterisation of sorghum starch granules using SAXS: effects of moisture on crystallinity and structure. **Food Sci Technol**, [S.l.], v. 54, n. 3, p. 744-751, 2018.

TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; SPERANZA, S.M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20-25, 2001

USDA. United States Department of Agriculture. **Foreign Agriculture Service**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>. Acesso em 07 set. 2021.

WALTER, M; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. de. 2008. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**. [S.l.], v. 38, n. 4, p. 1184-1192. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000400049&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000400049&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 22 dez. 2020. ISSN 1678-4596. doi.org/10.1590/S0103-84782008000400049.

WANISKA, R. D.; POE, R. D.; BANDYOPADHYAY, R. Effects of growth conditions on grain molding and phenols in sorghum caryopsis. **Journal of Cereal Science**, London, v. 10, p. 217-225, 1989.

WANISKA, R.D.; ROONEY, L.W. Structure and chemistry of the sorghum caryopsis. In: SMITH, C.W.; FREDERIKSEN, R.A. (Ed.). **Sorghum: origin, history, technology, and production**. New York: J. Wiley, 2000. p.649-688.



**Autores:** Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici, Marcio Schmiele,  
Rebeca Salvador-Reyes & Jaime Amaya-Farfan

## **TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS**

As extraordinárias vantagens agrônomicas e nutricionais dos grãos de pseudocereais, como quinoa, amaranto, cañihua e trigo sarraceno, aliadas à sua longa história de utilização por populações de vários continentes, contrastam com a exígua tecnologia utilizada no processamento, o que pode ser resultado de esforços insuficientes para melhor adaptar estes grãos ao consumo humano e diversificar as suas utilidades.

Apesar dos apelos lançados pela FAO desde a década de 1970 sobre o potencial destes grãos, os pseudocereais vieram a ganhar importância somente após a divulgação de suas propriedades antioxidantes e nutricionais e vêm sendo usados em produtos diversos, principalmente como substitutos do trigo, em produtos de panificação direcionados para pacientes celíacos.

Neste capítulo serão abordadas as principais características dos pseudocereais em relação à produção, consumo, valor nutricional e benefícios para a saúde, assim como as principais formas de processamento.



## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

### 6 TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

Alguns pseudocereais são grãos conhecidos desde 8.000 anos antes de Cristo (a.C.) e sua história remonta às antigas civilizações devido a seu fácil crescimento e propagação. Seu consumo está ligado à subsistência de vários povos mediante a utilização de práticas rudimentares de processamento. Devido às vantagens agronômicas e a busca por alimentos mais benéficos à saúde, os pseudocereais estão entre os grãos de grande importância para investimentos em pesquisa e mercado, particularmente após expectativas de grande aumento no seu consumo para os próximos 20 anos.

#### 6.1 INTRODUÇÃO

Pseudocereais são assim classificados por serem grãos ricos em amido, da mesma forma que os cereais, porém expressando diferenças botânicas significativas, por serem oriundas de plantas dicotiledôneas e de famílias diferentes. Enquanto os cereais provêm de plantas monocotiledôneas que pertencem a uma única família, a *Poacea* (SCHOENLECHNER; SIEBENHANDL; BERGHOFER, 2008).

Economicamente, a produção está ligada a poucos países, como pode ser visualizado na Tabela 30, a qual mostra os principais países produtores e as variações no volume da produção. Em relação ao amaranto e a cañihua, ainda não há dados de produção na FAOSTAT (2021).

Estes grãos apresentam diferenças químicas, bioquímicas e morfológicas em relação aos grãos de cereais, os quais incluem os teores de proteínas e de aminoácidos, teores de fibras, ácidos graxos, ausência de glúten e presença de compostos como saponinas, oxalatos, peptídeos bioativos e compostos antioxidantes, entre outras.



## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

**Tabela 30** – Produção dos principais pseudocereais no ano de 2021.

Nome Popular	Nome científico	Família/Ordem	Características dos grãos <sup>c</sup>	Produção Mundial e/ou principais países (toneladas)	Produção na América do Sul*
Amaranto	<i>Amaranthus caudatus</i> , <i>A. cruentus</i> , <i>A. hypochondriacus</i>	Amaranthaceae/ Caryophyllales	Diâmetro: 1,2- 1,4 mm Peso: 0,56-0,78 g/1000 grãos	Rússia, China e Ucrânia <sup>a</sup>	Brasil <sup>a</sup>
Cañihua ou kañiwa	<i>Chenopodium pallidicaule</i>	Amaranthaceae/ Caryophyllales	Diâmetro: 0,5- 1,2 mm de Peso: 0,47-0,55 g/1000 grãos <sup>d</sup>	Bolívia e Peru <sup>d</sup>	Bolívia e Peru <sup>d</sup>
Quinoa	<i>Chenopodium</i>	Caryophyllales	Diâmetro: 1-3 mm Peso: 1,9-4,3 g/1000 grãos Frutos aquênios	176.700 <sup>b</sup> Bolívia, Equador e Peru)	176.700 <sup>b</sup> (Bolívia, Equador e Peru)
Trigo sarraceno	<i>Fagopyrum esculentum</i> (comum) <i>Fagopyrum tataricum</i> (tartárico)	Polygonales	Diâmetro: 4-5 mm Peso: 10-20 g/1000 grãos Forma poligonal de 3 lados	2.310.100 <sup>b</sup> China, França e Brasil	65.300 <sup>b</sup> (Brasil)

Fonte: <sup>a</sup> Belton e Taylor (2002); <sup>b</sup> FAOSTAT (2021); <sup>c</sup> Hamaker, 2007; <sup>d</sup> Apaza-Vidal (2010).

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

As estruturas dos grãos de amaranto, cañihua e quinoa diferem dos cereais. Em sementes como o amaranto, a cañihua e a quinoa, o embrião ou gérmen, que é de forma circular, rodeia o amido que está no perisperma e, em conjunto com o revestimento das sementes, representam a fração de farelo, que é relativamente rico em lipídios e proteínas. Além disso, a porcentagem da fração de farelo (revestimento da semente e do embrião) em amaranto, cañihua e quinoa são maiores, em comparação aos cereais comuns, como por exemplo, o milho e o trigo (ALONSO-MIRAVALLS; O'MAHONY, 2018; NOWAK et al., 2016; TIEN et al., 2018). Isto pode explicar os níveis mais elevados de proteína e lipídios presentes nestas sementes (BOJÓRQUEZ-VELÁZQUEZ et al., 2018; NINFALI et al., 2020; PONGRAC et al., 2020).

O grão do trigo sarraceno, também conhecido como trigo mourisco, é triangular, e as reservas de amido são armazenadas no endosperma, como nos cereais comuns, e o embrião estende-se através do endosperma amiláceo. Na Figura 43 e na Figura 44 estão apresentados os grãos de pseudocereais e pode-se destacar o seu tamanho reduzido em comparação com grãos de cereais e de leguminosas.



**Figura 43** – Pseudocereais de origem latina.  
Fonte: Autoria própria.

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

Autores: MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN



**Figura 44** – Trigo Sarraceno.  
Fonte: Autoria própria.

O amaranto, a cañihua e a quinoa foram importantes alimentos durante as civilizações Asteca, Maia e Inca, onde a população incluía esses grãos na base da dieta e os usaram como um tributo à terra em seus rituais religiosos, já o trigo sarraceno é originário da Ásia e acredita-se que tem sido cultivado na China durante os séculos V e VI.

Existem três espécies de amaranto que são mais utilizadas na alimentação humana: *Amaranthus cruentus*, na Guatemala, *A. caudatus*, no Peru e países andinos, e *A. hypochondriacus*, no México. No caso da cañihua, os grãos são produzidos principalmente no Peru, onde as três espécies mais comercializadas são a *Cupi*, *Ramis* e *Illpa*. A quinoa, dependendo do seu conteúdo em saponinas, apresenta as variedades doce (menor teor) e a amarga (maior teor). O trigo sarraceno tem duas espécies para consumo humano, o comum (*Fagopyrum esculentum* Moench) e o tartárico (*Fagopyrum tartaricum*).

Apesar de o amaranto, a cañihua, a quinoa e o trigo sarraceno pertencerem à mesma classe dos pseudocereais, eles diferem largamente em suas características morfológicas e histológicas, ao ponto de não responderem da mesma forma a um mesmo processamento, como a moagem.

Com a busca por uma alimentação mais saudável e a mudança de hábito do consumidor, estes grãos passaram a ter importância no desenvolvimento de produtos

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

sem glúten e/ou funcionais, levando ao aumento de seu consumo e a valorização de seus produtos em países não produtores. Este capítulo objetiva apresentar o valor nutricional e os principais processamentos existentes para o amaranto, a cañihua, a quinoa e o trigo sarraceno.

### 6.2 CARACTERÍSTICAS DOS GRÃOS

Os grãos da quinoa, cañihua e amaranto são diferentes em comparação aos do trigo sarraceno. Os grãos de quinoa são redondos, aplanados e pequenos entre 1 e 3 mm de diâmetro; dependendo da variedade e cultivar os grãos podem ser amarelos, laranjas, rosas, vermelhos, roxo, preto e brancos. Os grãos de amaranto são esféricos e menores, apresentando um diâmetro de 1,2 a 1,4 mm, também dependendo da variedade as cores das sementes podem ser brancas, vermelhas e pretas. A cañihua apresenta grãos menores que a quinoa e o amaranto, o diâmetro pode estar entre os 0,5 e 1,2 mm, são de forma poliédrica e de cor escura. Estas diferenças podem ser observadas na Figura 43. Por sua vez, os grãos de trigo sarraceno são maiores (4 a 5 mm), de forma trigonal e de cor marrom clara ou escura em função do cultivar.

### 6.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL

A Tabela 31 apresenta a composição química dos três principais pseudocereais e pode-se observar que todos apresentaram teor de proteínas superior a 10 g/100 g da parte comestível.

**Tabela 31** – Composição química dos principais pseudocereais.

Composição	Amaranto	Cañihua	Quinoa	Trigo sarraceno
Umidade (%)	8,9 – 9,4	8,5 – 9,1	8,2 – 13,1	11,0
Proteína (%)	13,1 – 21,5	14,4 – 15,4	9,1 – 16,7	5,7 – 14,2
Lipídios totais (%)	5,6 – 10,9	4,3 – 9,2	4,0 – 7,6	0,7 – 7,4
Carboidratos totais (%)	63,1 – 70,0	63,6 – 67,2	48,5–69,8	54,5 – 57,4
Fibra alimentar (%)	2,7 – 17,3	7,2 – 12,0	8,8–14,1	5,7 – 14,2
Sais minerais (%)	2,6	4,1	2,0–7,7	1,3 – 2,5

Fonte: Valores médios estabelecidos de: Alonso-Miravalles e O'Mahony (2018); Apaza Vidal (2010); Joshi et al. (2018); Nowak et al. (2016); Pereira et al. (2019); Shukla et al. (2018); Tien et al. (2018).

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

Ao fazer as comparações entre as amostras, verifica-se que o amaranto, a cañihua e a quinoa apresentaram maiores teores de lipídios, fibra e sais minerais em comparação ao trigo sarraceno. O amaranto se destaca pelo seu elevado valor energético devido ao teor de lipídios, enquanto o teor de proteínas é muito semelhante ao do trigo, e também varia de forma dependente da espécie e das condições de cultivo.

### 6.3.1 Grão inteiro

As diferenças entre variedades de um mesmo pseudocereal podem ser influenciadas pela época de plantio, tipo de solo, fatores genéticos e metodologia analítica utilizada. Como exemplo, temos os trabalhos de De Bock et al. (2021); Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011), nos quais foram identificadas diferenças na composição nutricional dos pseudocereais (amaranto e quinoa) cultivados na Europa em comparação com os cultivados na América do Sul. Devido ao estresse das condições de cultivo, os pseudocereais que crescem na região andina e no Brasil possuem uma maior concentração de lipídios e sais minerais que os grãos da Europa. Por outro lado, enquanto a comparação entre cultivares e variedades, no estudo de (PEREIRA et al., 2019) observou-se que as quinoas brancas, pretas e vermelhas não apresentaram diferenças na composição de macronutrientes, mas sim nos teores de ácido oxálico, tocoferóis e polifenóis totais, que são maiores nas variedades coloridas.

### 6.3.2 Carboidratos

Na Tabela 32 estão apresentadas as características dos grânulos de amidos de pseudocereais. Como apresentam variações no teor de amilose e do tamanho do grânulo, estes amidos apresentam propriedades tecnológicas diferentes dos grânulos de amidos de cereais.

**Tabela 32** – Características dos grânulos de amidos dos pseudocereais.

Origem do amido	Amilose (%)	Forma do grânulo	Tamanho do grânulo (µm)
Amaranto <sup>a</sup>	0,1 a 11,1	Poligonal	1 a 2,4
Cañihua <sup>a</sup>	11 a 20	Poligonal	0,5 a 1,5
Quinoa <sup>b</sup>	3 a 22	Poligonal	1 a 2,2
Trigo sarraceno <sup>c</sup>	16 a 18	Poligonal	2 a 14

Fonte: <sup>a</sup>Fuentes et al. (2019); <sup>b</sup>Steffolani et al. (2013); <sup>c</sup>Zhu (2016).

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

Na quinoa, o amido é o maior carboidrato presente e varia de 48,5 a 69,8%, a fibra alimentar está entre 8,8 e 14,1% em base seca, e a fibra solúvel está entre 1,3 e 6,1%, contendo ainda cerca de 3% de açúcares simples, onde maltose, D-galactose e D-ribose estão em maior concentração. A digestibilidade *in vitro* (com  $\alpha$ -amilase) do amido cru da quinoa foi de 22%, enquanto o autoclavado, o cozido e o seco por *drum-dryer* foi 32%, 45% e 73%, respectivamente. No amido de quinoa, o teor de amilose pode variar de 3,5 a 22,5%, e a amilopectina entre 77,5 e 96,5% (JAMES, 2009).

As características tecnológicas do amido de amaranto são diferenciadas dos demais, devido aos grânulos apresentarem tamanho reduzido e alto teor de amilopectina. O amido se caracteriza pela resistência aos ciclos de congelamento e descongelamento, maiores temperaturas de gelatinização, maior viscosidade de pasta, elevada capacidade de se ligar à água, alta capacidade de absorção de água, solubilidade, poder de inchamento e susceptibilidade enzimática. O amido da quinoa apresenta alta viscosidade e estabilidade ao congelamento, o qual permite sua utilização em muitos produtos alimentícios.

Em relação aos carboidratos de baixa massa molar, o amaranto varia de 1,84 a 2,17 g/100 g, tendo a sacarose como principal composto, seguida por rafinose, galactose e glicose.

Por sua vez, a cañihua durante o aquecimento apresenta temperatura de gelatinização de 50 °C, menor que a quinoa e o amaranto, já que possui grânulos de menor tamanho entre 0,5 e 1,5  $\mu$ m. O amido de cañihua alcança altas viscosidades de pasta também, e uma vez submetido a baixas temperaturas ou resfriamento tem alta capacidade de retrogradar formado géis estáveis (FUENTES et al., 2019). Estas observações sugerem que tanto a farinha quanto o amido de cañihua podem ser incorporadas na elaboração de diversidade de produtos dentro da indústria.

Os pseudocereais, quando integrais, apresentam-se como boa fonte de fibra alimentar, como pode ser visualizado na Tabela 31, a proporção entre fibra solúvel e insolúvel é muito equilibrada, enquanto nos cereais, as fibras insolúveis predominam. Este equilíbrio entre as frações de fibras pode levar a efeitos benéficos de saciedade e contribuir para a liberação lenta de carboidratos digeríveis.

### 6.3.3 Proteínas

As proteínas dos grãos de pseudocereais são compostas principalmente por globulinas e albuminas, contendo pouca ou nenhuma prolamina, que são comuns em

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

cereais. Este fato justifica o aumento de produtos sem glúten tendo como componente majoritário as farinhas de pseudocereais.

A composição em aminoácidos das proteínas dos pseudocereais (Tabela 33) indica que eles contêm mais lisina e menos ácido glutâmico e prolina, uma vez que possuem mais globulinas e albuminas. Desta forma, a composição em aminoácidos dos pseudocereais é mais adequada às necessidades nutricionais dos mamíferos onívoros, apresentando qualidade biológica superior às proteínas dos cereais.

**Tabela 33** – Conteúdo de aminoácidos dos pseudocereais (g/100 g).

Aminoácido	Amaranto <sup>a</sup>	Cañihua <sup>a</sup>	Quinoa <sup>a</sup>	Trigo sarraceno <sup>b</sup>	Padrão <sup>d</sup>
<b>Essenciais</b>					
Cistina	2,170	2,550	2,032	2,844	2,000
Tirosina	0,588	0,375	0,577	0,582	0,930
Histidina	0,398	0,405	0,431	0,422	0,170
Isoleucina	0,406	0,514	0,420	0,470	0,420
Leucina	0,731	0,916	0,795	0,902	0,700
Lisina	0,559	0,841	0,546	0,624	0,510
Metionina	0,335	0,465	0,361	0,316	0,530
Treonina	0,452	0,51	0,446	0,510	0,350
Valina	0,453	0,63	0,486	0,595	0,480
Triptofano	0,211	0,165	0,135	0,270	0,110
<b>Não-essenciais</b>					
Alanina	0,459	0,615	0,531	0,573	
Arginina	1,222	1,216	1,096	1,496	
Asparagina	0,899	1,171	1,079	1,301	
Ácido glutâmico	0,145	1,98	0,114	0,179	
Glicina	1,056	0,75	0,671	0,881	
Serina	0,834	0,585	0,596	0,754	
Prolina	0,554	0,51	0,497	0,556	
Fenilalanina	0,684 <sup>c</sup>	0,555 <sup>c</sup>	0,633 <sup>c</sup>	0,813	

Fonte: <sup>a</sup>Motta et al. (2019a); <sup>b</sup>Malik e Singh (2022); <sup>c</sup>Repo-Carrasco et al. (2006); <sup>d</sup>FAO (1981).

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

James (2009) apresentou dados que mostram que a quinoa possui elevados teores de lisina e metionina, o que a torna importante para uso em produtos de cereais e leguminosas. O PER (*protein efficiency ratio*) da quinoa foi quase igual ao da caseína, sendo que a digestibilidade foi de 83%, enquanto a da caseína foi de 91%. Os pseudocereais apresentam, de acordo com o padrão da FAO os aminoácidos limitantes treonina, leucina, valina e isoleucina, histidina e tirosina.

Como exemplo, temos o trabalho de Marcilio et al. (2003), que obtiveram farinha de amaranto processada em moinho experimental para trigo e verificaram que a composição de aminoácidos das proteínas variou, mas os teores de aminoácidos essenciais, como a lisina e metionina, foram pouco afetados pela redistribuição das proteínas entre as frações resultantes da moagem, o que sugere a existência de proteínas de boa qualidade amplamente distribuídas pelo grão. Este comportamento é considerado positivo, visto que uma característica difícil de encontrar, mas desejável, nos alimentos de origem vegetal é a de possuir altos teores de lisina e metionina. Outro aminoácido sulfurado que não sofreu muita alteração durante o fracionamento foi a cistina. Deve ser esclarecido que, embora a cisteína/cistina seja abundante nos cereais, é importante que este aminoácido continue presente em níveis expressivos nos pseudocereais pelo fato de ser condicionalmente indispensável e exercer um efeito benéfico, poupador da metionina.

### 6.3.4 Lipídios

Na Tabela 34 está apresentada a composição em ácidos graxos dos pseudocereais. Pode-se verificar nesta tabela que a maior concentração é de ácidos graxos insaturados, sendo desejável do ponto de vista nutricional. Os ácidos linoleico, oleico e palmítico são os mais abundantes. A quinoa tem uma composição em lipídios que varia de 4 a 7,6%, sendo maior que no milho (4,9%) e menor que na soja (20,9%) (ALVAREZ-JUBETE et al., 2009; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

O ácido linoleico está em maior quantidade no amaranto, cañihua e quinoa, seguido pelos ácidos oleico e palmítico. Os lipídios do amaranto apresentam boa estabilidade oxidativa, apesar da alta concentração de insaturados, este fato é atribuído ao efeito protetor dos tocoferóis, presentes em altas concentrações. Na quinoa o maior destaque, além do conteúdo em ácidos graxos insaturados e fosfolipídios, é a presença de vitamina E, que mantém a estabilidade oxidativa dos lipídios durante a estocagem (NGET al., 2007). Observa-se, entretanto, que em produtos de amaranto termicamente



## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

Autores: MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

expandidos, as gorduras insaturadas perdem rapidamente sua estabilidade oxidativa e, portanto, devem ser embalados a vácuo.

**Tabela 34** – Características físico-químicas dos lipídios de pseudocereais.

Ácidos graxos	Amaranto <sup>a</sup>	Cañihua <sup>b</sup>	Quinoa <sup>a</sup>	Trigo serraceno <sup>a</sup>
Palmítico (C16:0)	20,9	22,8	11,0	20,5
Estearico (C18:0)	4,1	0,6	1,1	2,9
Oleico (C18:1)	23,7	29,8	26,7	33,6
Linoleico (C18:2)	47,8	39,2	48,2	33,7
α-Linoleico (C18:3)	0,9	1,2	8,3	2,2
Araquidônico (C20:0)	0,8	0,9	0,6	1,1
Cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2)	0,3	nd	1,4	2,0
Behênico (C22:0)	0,4	0,3	0,7	1,1
Erúcico (C22:1)			1,2	
Lignocêrico (C24:0)	0,4	nd	0,4	1,0
Total saturados	26,9	28,6	14,0	27,6
Total monoinsaturados	23,9	29,8	28,1	34,7
Total polinsaturados	2,7	40,4	57,5	37,9

Leg.: nd: não determinado.

Fonte: <sup>a</sup> Alvarez-Jubete et al. (2009); <sup>b</sup> Villa et al. (2014).

### 6.3.5 Minerais e vitaminas

Em relação aos minerais, cujas composições podem ser visualizadas na Tabela 35, o amaranto possui os maiores teores de cálcio em relação aos demais pseudocereais. Destaca-se também a quinoa que apresenta três vezes mais potássio e quatro vezes mais fósforo do que o trigo sarraceno, e ainda os maiores teores de magnésio e ferro em comparação aos demais pseudocereais. O elevado conteúdo de fósforo em grãos é geralmente devido à presença de fitatos, o qual pode comprometer a biodisponibilidade do zinco.

Como os pseudocereais são nativos de variadas regiões, estes dados poderão ser diferentes, dependendo dos tipos de solo, clima e adubação adotados em cada região.

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

Autores: MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

**Tabela 35** – Conteúdo de minerais em pseudocereais.

Mineral	Amaranto	Cañihua	Quinoa	Trigo sarraceno
Cálcio (mg)	159	66,45	57	18
Ferro (mg)	7,61	2,47	18,54	2,20
Magnésio (mg)	248	3,36	781	231
Fósforo (mg)	557	418,92	1677	347
Potássio (mg)	508	7,47	1485	460
Sódio (mg)	4	30,53	5	1
Zinco (mg)	2,87	2,83	6,04	2,40
Cobre (mg)	0,525	0,26	0,728	1,100
Manganês (mg)	3,333	4,00	14,210	1,300
Selênio (µg)	18,7	nd	15,6	8,3

Leg.: nd: não determinado.

Fonte: <sup>a</sup>USDA; <sup>b</sup>Villa et al. (2014).

Em relação às vitaminas, que podem ser visualizadas na Tabela 36, a quinoa apresenta os maiores valores de vitamina E, niacina e ácido fólico, enquanto o trigo sarraceno contém a maior quantidade de riboflavina, e o amaranto, os maiores valores de colina. Enquanto à cañihua, poucos são os estudos realizados sobre seu perfil de vitaminas, porém até o momento sabe-se que apresenta teores significativos de tiamina.

**Tabela 36** – Conteúdo de vitaminas em pseudocereais.

Vitamina	Amaranto <sup>a</sup>	Cañihua <sup>b</sup>	Quinoa <sup>a</sup>	Trigo sarraceno <sup>a</sup>
Vit C (mg)	4,2	nd	nd	0,0
Tiamina (mg)	0,116	2,60	2,753	0,101
Riboflavina (mg)	0,116	nd	0,284	0,425
Niacina (mg)	0,200	8,2	33,995	7,020
Ácido pantotênico (mg)	0,923	nd	7,390	1,233
Vitamina B-6 (µg)	1,457	nd	4,070	0,210
Folato total (µg)	0,591	nd	63	30
Colina (mg)	69,8	nd	32,2	nd
Vit E (mg)	1,19	0,46	4,92	nd

Leg.: nd: não determinado.

Fonte: <sup>a</sup>USDA; <sup>b</sup>Villa et al. (2014).

### 6.3.6 Antioxidantes e peptídios bioativos

Os principais compostos antioxidantes e a capacidade antioxidante dos pseudocereais e da farinha de trigo podem ser vistos na Tabela 37. Pode-se verificar que o trigo sarraceno apresenta os maiores valores em comparação com os demais grãos.

**Tabela 37** – Teores de fenólicos totais, flavonoides, FRAP, DPPH em pseudocereais e farinha de trigo.

Compostos e atividade antioxidante	Amaranto	Cañihua	Quinoa	Trigo sarraceno	Farinha de trigo
Fenólicos totais (EAG mg/g em b.s.)	2,7	1,24 a 7,12	2,8	7,2	7,0
Flavonoides totais (EC µg/g em b.s.)	65	2,2 a 11,4	92	153	70
TEAC FRAP (ETrolox mg/100g em b.s.)	39	2,7 a 44,7	59	215	158
TEAC DPPH (ETrolox mmol/kg em b.s.)	3,6	0,18 a 4,1	6,2	8,8	4,0

Leg.: EAG: equivalente em ácido gálico; EC: equivalente em catequina; E: equivalente

Fonte: <sup>a</sup>Chlopicka et al. (2012); <sup>b</sup>Peñarrieta et al. (2008).

Aluko e Monu (2003) obtiveram peptídeos bioativos de quinoa por hidrólise enzimática e sugeriram que os peptídeos de cadeias curtas são mais ativos que os de cadeia longa, pois possuem maior potencial como agentes anti-hipertensivos ou como antioxidantes.

O amaranto pode ser uma fonte alternativa de lunasina, peptídeo presente também na soja (PAUCAR-MENACHO et al., 2010) e que tem sido considerado com atividade contra o câncer (SILVA-SÁNCHEZ et al., 2008). Estudos recentes, também têm identificado a presença de três frações de peptídeos bioativos (FI, FII, FIII) na cañihua com propriedades antioxidantes (CHIRINOS et al., 2018) que sugerem sua aplicação para a melhora do perfil nutracêutico em produtos alimentícios.

### 6.3.8 Antinutrientes

Na quinoa e cañihua os maiores antinutrientes são as saponinas e o ácido fítico. O ácido fítico é comum em grãos de cereais e pseudocereais, mas as saponinas são únicas na quinoa e cañihua, e estão concentradas na camada externa ao pericarpo (TAYLOR; PARKER, 2002; TAYLOR; EMMAMBUX, 2007, PEÑARRIETA et al., 2008).

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

As saponinas apresentam gosto amargo, de ação surfactante e membranolítica nas células do intestino delgado, as quais se ligam ao ferro e diminuem sua absorção. As concentrações variam de 0,02 a 0,04% de saponinas em genótipos de quinoa doce (abaixo de 0,11%) e de 0,47 a 1,13% nas amargas, enquanto na cañihua a concentração de saponinas varia entre 0,87 e 4,32%. Elas podem ser removidas por lavagem em água até o ponto de não haver formação de espumas, ou por descascamento por abrasão, que chega a remover até 99% das saponinas. Embora consideradas antinutrientes, estes constituintes podem ter efeitos benéficos à saúde, a exemplo da redução dos níveis de colesterol sérico (TAYLOR; EMMAMBUX, 2007).

No amaranto estão presentes o ácido fítico, compostos fenólicos e inibidores de proteases. Esses componentes podem interferir na digestão e na absorção de nutrientes, embora os compostos fenólicos apresentem atividade antioxidante e tenham sido associados com a redução dos níveis de colesterol (TAYLOR; EMMAMBUX, 2007). Considera-se importante salientar que o ácido fítico também exerce ação antioxidante à medida em que possa quelar excessos de ferro e cobre, evitando as ações pró-oxidantes destes minerais.

Em alguns países as folhas novas de amaranto são consumidas como verdura e há relatos que mostram o alto teor de cálcio e magnésio presentes nestas folhas, porém, há altos teores de ácido oxálico, capaz de formar cristais de oxalato de ferro, cálcio e magnésio, diminuindo a sua biodisponibilidade (LARSEN et al., 2003). O consumo destas folhas, como verdura na alimentação diária, não deve ser indicado para pacientes renais, crianças e idosos, devido ao risco de formação de cálculos renais e diminuição da absorção de cálcio. A folha da quinoa também possui altos teores de oxalato.

No trigo sarraceno destacam-se os inibidores de proteases e compostos polifenólicos. Algumas proteínas alergênicas estão localizadas nas camadas externas do grão e podem trazer riscos às pessoas com diagnóstico de hipertensão arterial. Para diminuir a alergenicidade tem sido feita a remoção da parte externa do grão e do embrião, retirando as proteínas por meio do descascamento (TAYLOR; EMMAMBUX, 2007).

### 6.4 PROCESSAMENTO E PRODUTOS DERIVADOS

Os grãos de amaranto e quinoa têm sido consumidos em diversas preparações e produtos industrializados nos países andinos da América do Sul, desde a Argentina até a Colômbia e, na América do Norte, até o México. Os processos tradicionais para

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

remover as saponinas da quinoa e cañihua têm sido do tipo artesanal, começando com a lavagem do grão “amargo” em água corrente durante dois dias. Os grãos lavados e escorridos podem passar por um processo de torrefação em tachos ou, alternativamente, sofrer secagem por laminação para produzir escamas (*hojuelas* ou *flakes*), ou ainda moagem para produzir farinha.

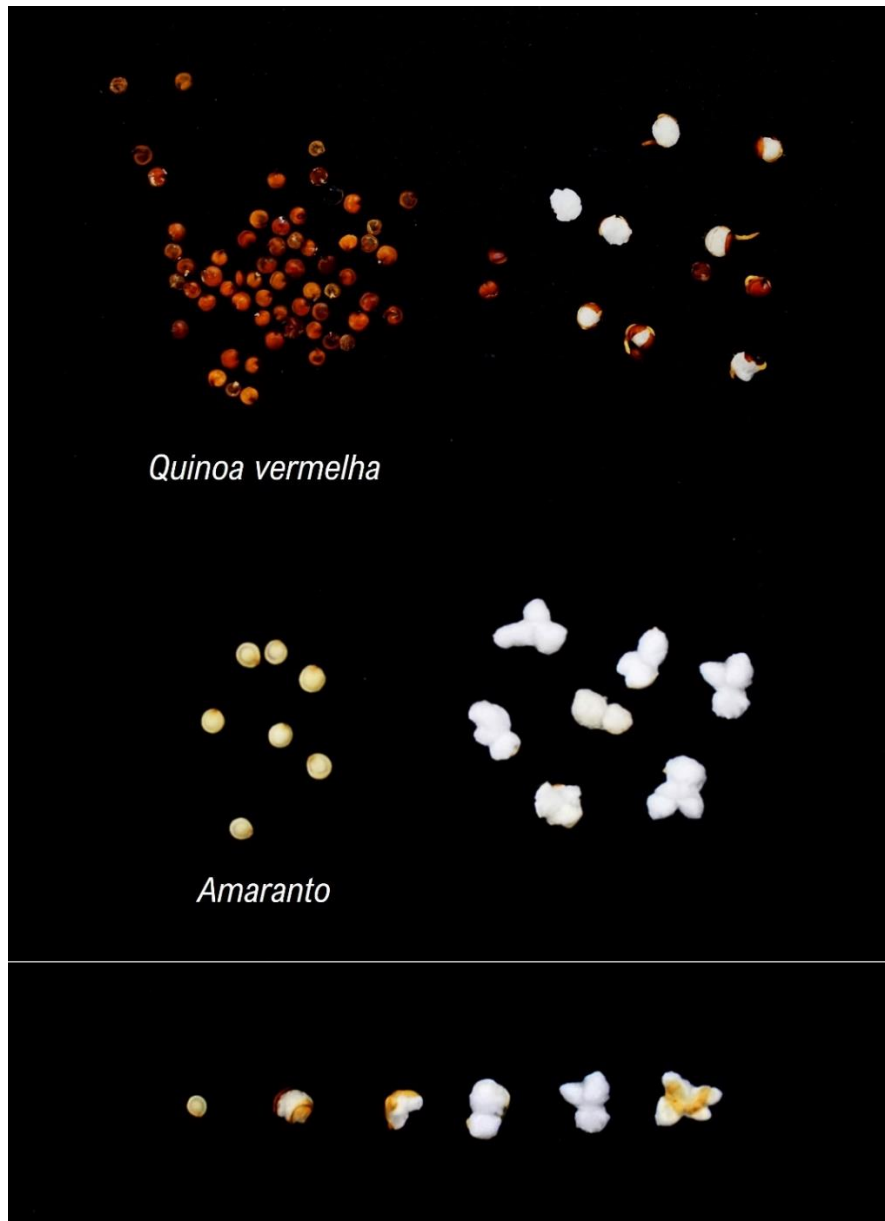
Enquanto a quinoa e cañihua exigem processamento demorado para remoção das saponinas, o grão de amaranto é naturalmente isento deste composto tensoativo e, portanto, requer apenas um pré-processamento que consiste em remover a palha da flor por abanamento. Industrialmente, a limpeza dos grãos de amaranto requer de um separador de impurezas por flotação em torre, diferente dos usualmente empregados com outros grãos. Pré-testes realizados mostraram que o diâmetro e a baixa densidade do grão fazem com que a separação ocorra de forma lenta e ineficiente, sendo que por outro lado a temperatura não deve ultrapassar os 70 °C. Temperaturas elevadas aumentam o risco de causar fissuras no pericarpo, impedindo que o grão seja utilizado para a fabricação de produtos expandidos. Nas regiões andinas, a secagem é feita sob o sol e nas baixas pressões atmosféricas da cordilheira.

Do grão integral de amaranto e suas farinhas, são conhecidos também vários produtos tradicionais, o mais impactante por suas propriedades sensoriais sendo talvez o grão expandido (*pop*), ou pipoca, por possuir textura e sabor mais facilmente aceitáveis pelo paladar não conhecedor, como pode ser visto na Figura 45.

A gama de preparações derivadas de quinoa, cañihua e amaranto é relativamente ampla. Receituários disponíveis nos países andinos oferecem variados produtos tradicionais como: sopas elaboradas com o grão inteiro de quinoa, bebidas quentes, pães e tortilhas, biscoitos e mingaus feitos com os grãos inteiros ou com as farinhas integrais. O consumo destes grãos tem se difundido largamente pelo mundo mediante a criação de pratos novos, ou componentes de saladas e caviars vegetais, tanto na culinária popular tradicional quanto na alta gastronomia.

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

Autores: MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN



**Figura 45** – Produtos expandidos de pseudocereais.

Fonte: Autoria própria.

Produtos têm sido desenvolvidos mediante a aplicação de tecnologias menos artesanais (Figura 46). A partir de farinhas integrais e semirrefinadas, tanto de quinoa, como de amaranto e cañihua, pães de forma, macarrões de farinhas mistas de aveia, milho, mandioca ou arroz têm sido produzidos para consumidores celíacos, assim como cereais matinais, mistura para bebidas instantâneas e granolas, ou barras de cereal a base dos grãos expandidos de quinoa, amaranto e cañihua para dar crocância ao produto.

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

Autores: MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN



**Figura 46** – Produtos comerciais de pseudocereais.  
Fonte: Autoria própria.

A incorporação desses pseudocereais, de origem andina e que sustentam uma parte significativa da população rural do Peru, na produção industrial de alimentos e na gastronomia deveria ter contribuído para gerar maiores benefícios para a população. No entanto, a popularização e a fama adquiridas em todo o mundo geraram inicialmente o aumento dos preços (4 a 5 vezes mais) de grãos no mercado local, pois a maior parte da produção era destinada à exportação, o que causou danos à economia da população. Hoje, os preços e a qualidade dos produtos já estão regulados porque as áreas de cultivo foram ampliadas, porém conhecer o desbalanço inicial ajuda a evitar réplicas similares em outros cultivos locais.

Por sua vez, o trigo sarraceno vem sendo usado na forma de farinha integral em produtos isentos de trigo e, para formar a rede viscoelástica, têm sido usadas gomas, albumina e proteína da soja. Nos mercados e supermercados de vários países pode-se encontrar produtos tais como pães, massas, tortilhas, e biscoitos produzidos à base desse pseudocereal.

### **Processamento específico da quinoa**

A quinoa normalmente contém entre 1 e 3% de saponinas, localizadas principalmente nas camadas externas do grão. A remoção das saponinas tem sido objeto de pesquisas por se acreditar que nesses níveis ela é prejudicial ao bom funcionamento do sistema digestório dos mamíferos.

Os processos utilizados compreendem os métodos, segundo Borges et al. (2010):

- úmido, que consiste em lavagem com água corrente em sacos de tecido, que funcionam como filtros, bem seja na temperatura ambiente, ou utilizando água aquecida a várias temperaturas;
- seco, feito por descascamento por abrasão e polimento. O método seco é o mais usado industrial e minimiza as perdas nutricionais ocorridas no método úmido;
- uso de melhoramento genético, mas estas pesquisas se encontram ainda em estado inicial.

Rios e Sgarbieri (1980) estudaram o efeito nutricional da lavagem em água quente em quatro variedades de quinoa boliviana, atendendo aos parâmetros de composição centesimal, teor de proteína, composição em aminoácidos e índice de eficiência proteica (PER). À medida que as saponinas não eram mais detectáveis no grão lavado a 70 °C, o PER e as maiores concentrações de aminoácidos somente foram encontradas no grão lavado a 87 °C. Esses resultados sugeriram que o ganho em valor nutritivo obtido com o pré-processamento era devido ao duplo efeito da remoção do fator antinutricional das saponinas e ao aumento da biodisponibilidade dos aminoácidos através do aquecimento a temperaturas que promovem a desnaturação proteica. Neste experimento não foi levado em conta o possível efeito da gelatinização dos amidos em meio aquoso, que apresentou melhor utilização pelas enzimas do sistema digestório.

Amaya-Farfán et al. (1978) testaram a eficácia da remoção das saponinas em quinoa por método alternativo à lavagem clássica, utilizando um moinho Brabender Quadrumat Senior em grãos da variedade peruana Sajama, pré-condicionando a umidade do grão em 12,5, 13,5, 14,5 e 15,5%. As análises pós-moagem indicaram que, no grau ótimo de pré-condicionamento (14,5%), a menor concentração de saponinas se encontrava nas farinhas de quebra e redução (0,04%), contra 2,7% na fração de finos. Tal distribuição definitivamente demonstrou que:

- o fracionamento por moagem diminuía o conteúdo de saponinas;



## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

- as saponinas se encontravam localizadas preferencialmente no endosperma; e
- nutricionalmente, o fracionamento por moagem não foi melhor do que o processo tradicional de lavagem.

Tentativas de fracionamento do grão de quinoa têm sido realizadas com o intuito de se obter farinhas com características sensoriais e tecnológicas diferenciadas. Caperuto et al. (2000) demonstraram que a obtenção de farinhas refinadas de quinoa não trazem vantagens tecnológicas, econômicas ou nutricionais. Em primeiro lugar, seria contraproducente obter uma farinha com grau de extração inferior a 40%, como foi o caso da quinoa que teve em torno de 30% de extração. Em segundo lugar, ao se obter uma farinha refinada de quinoa, ocorreria redução no teor de proteína, de 14 para 10% ou menos e, mais relevante ainda seria a eliminação das fibras, uma das principais características desejadas pelo consumidor neste produto.

### 6.5 EFEITOS DO PROCESSAMENTO NO VALOR NUTRITIVO

Como pode ser visto nos pontos anteriores, os pseudocereais são potenciais cultivos agrícolas para uso em muitos setores de processamento, como alimentos, bebidas e alimentos, melhorando seu perfil nutricional. Atualmente, a demanda dos consumidores por alimentos com propriedades promotoras da saúde tem aumentado as preocupações com os efeitos do processamento nos componentes nutricionais e funcionais dos alimentos. Os pseudocereais podem ser processados principalmente por tecnologias térmicas, como vapor, torra e extrusão termoplástica, e não térmicas, como malte, fermentação e germinação. Esses processos envolvem diversos princípios físicos, químicos e biológicos que podem alterar a composição inicial dos grãos. A Tabela 38 mostra os principais efeitos observados ao submeter grãos de pseudocereais a diferentes técnicas de processamento.

Em geral, tratamentos térmicos que envolvem altas temperaturas (acima de 100 °C) geram aumento nas concentrações de lipídios, cinzas, proteínas e fibras, no entanto, diminuem vitaminas E e C. A presença de água, como no cozimento a vapor, gelatiniza o amido, aumenta a sua digestibilidade e também a disponibilidade de minerais. No entanto, durante o cozimento a vapor, grande perda de compostos fenólicos foi observada, especialmente os hidrossolúveis, como antocianinas. Em processos térmicos como extrusão em baixa umidade (menos de 20%), o alto grau de tesoura leva a um aumento na quantidade de fibra solúvel e uma diminuição na fibra insolúvel.

## **Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS**

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

Possivelmente os melhores resultados do ponto de vista funcional ou nutracêutico tenham sido obtidos em processos biológicos de baixa temperatura (menor de 50 °C). Os estudos citados na Tabela 38 mostraram que tanto a fermentação, quanto a germinação do malte contribuem para o aumento da concentração de compostos bioativos, como ácidos fenólicos e flavonoides, peptídeos bioativos, e aumentam a capacidade antioxidante dos grãos. Por outro lado, reduz a concentração e a atividade de alguns antinutrientes, como saponinas, ácido fítico e atividade inibitória de tripsina.

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

**Tabela 38** – Efeitos nutricionais do processamento de pseudocereais.

Processo	Pseudocereal	Efeito	Referencias
Cocção (ebulição e vapor)	Quinoa, amaranto e trigo sarraceno	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reduz até 50% o teor de folatos, incluindo o ácido fólico;</li> <li>● Aumento da disponibilidade de minerais como magnésio, fósforo, cobre e ferro.</li> </ul>	Mota et al. (2016); Motta et al. (2017, 2019b)
	Quinoa, amaranto e cañihua	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reduz o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante.</li> </ul>	Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010)
Maltagem	Trigo sarraceno	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta os teores de ácido linoleico e ácidos graxos insaturados, lisina, rutina, quercetina, vitamina B e ácido ascórbico.</li> </ul>	Handoyo et al. (2006)
	Quinoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta a solubilidade de ferro;</li> <li>● Reduz o conteúdo de fitato e seus produtos de degradação.</li> <li>● Aumenta a capacidade antioxidante, teor de compostos fenólicos, flavonoides, açúcares redutores e ácido ascórbico.</li> </ul>	Valencia et al. (1999) Aguilar et al. (2019)
	Amaranto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta a retenção de aminoácidos como a histidina, e aminoácidos aromáticos;</li> <li>● Aumenta o teor de folatos.</li> </ul>	Aguilar et al. (2019); Motta et al. (2017)
Fermentação	Trigo sarraceno	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Diminui ácido fítico, aumenta lisina, remove proteínas alergênicas;</li> <li>● Aumenta a concentração de ácidos fenólicos totais e a capacidade antioxidante.</li> </ul>	Handoyo et al (2006) Rocchetti et al. (2019)
	Quinoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Diminui fitato e seus produtos de degradação;</li> <li>● Aumenta solubilidade de ferro;</li> <li>● Aumenta a concentração de ácidos fenólicos totais e capacidade antioxidante.</li> </ul>	Valencia et al. (1999) Rocchetti et al. (2019)
	Amaranto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta os teores de lipídios, proteínas e cinzas;</li> <li>● Diminui a digestibilidade <i>in vitro</i> das proteínas.</li> </ul>	Amare et al. (2015, 2016)

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

Germinação	Trigo sarraceno	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta os teores de lipídios, proteínas e cinzas e diminui os carboidratos totais;</li> <li>● Aumenta a concentração de açúcares redutores, ácidos fenólicos, flavonoides totais e taninos condensados;</li> <li>● Reduz os níveis de ácido fítico, a atividade inibidora de tripsina e os níveis de vitamina E;</li> <li>● Promove o aumento da vitamina C e de aminoácidos como o ácido glutâmico e a lisina.</li> </ul>	Zhang et al. (2015); Zhou et al. (2015)
	Quinoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta o teor de proteínas, compostos fenólicos (ácido cumárico e triglicol kaempferol) e a capacidade antioxidante;</li> <li>● Diminui o teor de lipídios totais;</li> <li>● Diminui a capacidade de retrogradação e a viscosidade máxima;</li> <li>● Aumenta a solubilidade em água.</li> </ul>	Pilco-Quesada et al. (2020); Xing et al. (2021)
	Amaranto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta o ácido cafeoilquínico e a atividade antioxidante.</li> </ul>	Pilco-Quesada et al. (2020)
Torrado ou Popping	Quinoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta a concentração de fenólicos e a capacidade antioxidante.</li> </ul>	Brend et al. (2012)
	Amaranto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta a concentração de cinzas, lipídios e fibra;</li> <li>● Diminui a digestibilidade de proteínas.</li> </ul>	Amare et al. (2015, 2016)
Extrusão termoplástica	Quinoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumenta a reticulação e agregação de proteínas;</li> <li>● Diminui as fibras insolúveis e aumenta o teor de fibras solúveis;</li> <li>● Reduz a concentração de alguns aminoácidos essenciais como a valina e metionina.</li> </ul>	Kuktaite et al. (2021)
	Amaranto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Diminui os teores de amido resistente e de digestão lenta;</li> <li>● Aumenta a digestibilidade <i>in vitro</i> do amido e proteínas.</li> </ul>	Xing et al. (2021)

## 6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pseudocereais possuem características nutricionais, como quantidades significativas de aminoácidos essenciais, ácidos graxos, vitaminas e minerais, que podem ser utilizados na melhoria do perfil nutricional dos produtos para a população em geral. Além disso, sendo grãos que não contêm glúten, são ideais para a formulação e fortificação de alimentos para a população com diagnóstico de doença celíaca. Dependendo do tipo de processamento, é possível melhorar a capacidade antioxidante e a concentração de compostos bioativos do grão, que podem ser utilizados para o desenvolvimento de alimentos funcionais. Ainda há um longo caminho a percorrer e faltam estudos *in vivo* e ensaios clínicos que avaliem os benefícios de sua incorporação à dieta.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR, J., MIANO, A. C., OBREGÓN, J., SORIANO-COLCHADO, J., & BARRAZA-JÁUREGUI, G. Malting process as an alternative to obtain high nutritional quality quinoa flour. **Journal of Cereal Science**, v. 90, n. 102858, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2019.102858>.
- ALONSO-MIRAVALLS, L., & O'MAHONY, J. A. Composition, Protein Profile and Rheological Properties of Pseudocereal-Based Protein-Rich Ingredients. **Foods** 2018, v. 7, n. 5, p 73, 2018. <https://doi.org/10.3390/FOODS7050073>.
- ALUKO, R.; MONU, L. Functional and bioactive properties of quinoa seed protein hydrolysates. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 4, pp. 1254–1258, 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09635.x>.
- ALVAREZ-JUBETE, L., ARENDT, E. K., & GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. <http://dx.doi.org/10.1080/09637480902950597>, v. 60, n. (SUPPL.4), pp. 240–257, 2009. <https://doi.org/10.1080/09637480902950597>.
- AMARE, E., MOUQUET-RIVIER, C., ROCHETTE, I., ADISH, A., & HAKI, G. D. Effect of popping and fermentation on proximate composition, minerals and absorption inhibitors, and mineral bioavailability of *Amaranthus caudatus* grain cultivated in Ethiopia. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 7, pp. 2987–2994, 2016. <https://doi.org/10.1007/S13197-016-2266-0/FIGURES/1>.
- AMARE, E., MOUQUET-RIVIER, C., SERVENT, A., MOREL, G., ADISH, A., HAKI, G. D., AMARE, E., MOUQUET-RIVIER, C., SERVENT, A., MOREL, G., ADISH, A., & HAKI, G. D. Protein Quality of Amaranth Grains Cultivated in Ethiopia as Affected by Popping and Fermentation. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, n. 1, pp. 38–48, 2015. <https://doi.org/10.4236/FNS.2015.61005>.
- AMAYA-FARFAN, J.; CIACCO, C. F.; AGAPITO, F. J. L.; AUGUSTO-RUIZ, W. **Removal of saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) grain by milling**. 5<sup>th</sup> International Congress of Food Science and Technology, pp.17-22, 1978.
- APAZA-VIDAL. **Manejo y mejoramiento de kañiwa**. 2010. [www.cirnma.org](http://www.cirnma.org).

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

BELTON, P. S., & TAYLOR, J. R. N. Pseudocereals and Less Common Cereals.

**Pseudocereals and Less Common Cereals**, 2002. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-09544-7>.

BOJÓRQUEZ-VELÁZQUEZ, E., VELARDE-SALCEDO, A. J., DE LEÓN-RODRÍGUEZ, A., JIMENEZ-ISLAS, H., PÉREZ-TORRES, J. L., HERRERA-ESTRELLA, A., ESPITIA-RANGEL, E., & BARBA DE LA ROSA, A. P. Morphological, proximal composition, and bioactive compounds characterization of wild and cultivated amaranth (*Amaranthus* spp.) species. **Journal of Cereal Science**, v. 83, pp. 222–228, 2018.

<https://doi.org/10.1016/J.JCS.2018.09.004>.

BORGES, J. T.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.). **Temas Agrários**, v. 15, n. 1, pp. 9-23, 2010. ISSN: 0122-7610.

BREND, Y., GALILI, L., BADANI, H., HOVAV, R., GALILI, S., BREND, Y., GALILI, L., BADANI, H., HOVAV, R., & GALILI, S. Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Red and Yellow Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds as Affected by Baking and Cooking Conditions. **Food and Nutrition Sciences**, v. 3, n. 8, pp. 1150–1155, 2012.

<https://doi.org/10.4236/FNS.2012.38151>.

CAPERUTO, L. C.; AMAYA-FARFAN, J.; CAMARGO, C. R. O. Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 1, pp. 95-101, 2000.

[https://doi.org/10.1002/1097-0010\(20010101\)81:1<95::AID-JSFA786>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20010101)81:1<95::AID-JSFA786>3.0.CO;2-T).

CHIRINOS, R., OCHOA, K., AGUILAR-GALVEZ, A., CARPENTIER, S., PEDRESCHI, R., & CAMPOS, D. Obtaining of peptides with in vitro antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

**Journal of Cereal Science**, v. 83, pp. 139–146, 2018.

<https://doi.org/10.1016/J.JCS.2018.07.004>.

CHLOPICKA, J.; PASKO, P.; GORINSTEIN, S.; JEDRYAS, A.; ZAGRODZKI, P. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. **LWT - Food Science and Technology**, v. 46, n. 2, pp. 548-555, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.009>.

DE BOCK, P., DAELEMANS, L., SELIS, L., RAES, K., VERMEIR, P., EECKHOUT, M., & VAN BOCKSTAELE, F. Comparison of the Chemical and Technological Characteristics of Whole meal Flours Obtained from Amaranth (*Amaranthus* sp.), Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Buckwheat (*Fagopyrum* sp.) Seeds. **Foods**, v. 10, n. 3, p 651, 2021.

<https://doi.org/10.3390/FOODS10030651>.

FAO. **Amino acid scoring patterns**. FAO/WHO/UNU Expert Consultation on Energy and Protein Requirements, 1981. <https://www.fao.org/3/M3013E/M3013E00.htm>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT**. Crops and Livestock Products, 2021. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.

FUENTES, C., PEREZ-REA, D., BERGENSTÅHL, B., CARBALLO, S., SJÖÖ, M., & NILSSON, L. Physicochemical and structural properties of starch from five Andean crops grown in Bolivia. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 125, pp. 829–838, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2018.12.120>.

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

HAMAKER, B. R. Technology of functional cereal products. In **Technology of Functional Cereal Products**. Elsevier Inc, 2007. <https://doi.org/10.1533/9781845693886>.

HANDOYO, T.; MAEDA, T.; URISU, A.; ADACHI, T.; MORITA, N. Hypoallergenic buckwheat flour preparation by *Rhizopus oligosporus* and its application to soba noodle. **Food Research International**, v. 39, n. 5, pp. 598-605, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.12.003>.

JAMES, L. E. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. In: TAYLOR, S. **Advances in Food and Nutrition Research**, 58, Academic Press: Burlington, 2009, pp.1-31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1).

JOSHI, D. C., SOOD, S., HOSAHATTI, R., KANT, L., PATTANAYAK, A., KUMAR, A., YADAV, D., & STETTER, M. G. From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. **Theoretical and Applied Genetics** v. 131, n. 9, pp. 1807–1823, 2018. <https://doi.org/10.1007/S00122-018-3138-Y>.

KUKTAITE, R., REPO-CARRASCO-VALENCIA, R., DE MENDOZA, C. C. H., PLIVELIC, T. S., HALL, S., & JOHANSSON, E. Innovatively processed quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) food: chemistry, structure and end-use characteristics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 2021 <https://doi.org/10.1002/JSFA.11214>.

LARSEN, T.; THILSTED, S. H.; BISWAS, S. K.; TETENS, I. The leafy vegetable amaranth (*Amaranthus gangeticus*) is a potent inhibitor of calcium availability and retention in rice-based diets. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 3, pp. 521-527, 2003. <https://doi.org/10.1079/BJN2003923>.

MALIK, A. M., & SINGH, A. Pseudocereals proteins- A comprehensive review on its isolation, composition and quality evaluation techniques. **Food Chemistry Advances**, v. 1, n. 100001, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2021.100001>.

MARCILIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; CIACCO, C. F.; SPEHAR, C. R. Fracionamento do grão de *Amaranthus cruentus* brasileiro por moagem e suas características composicionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, pp. 511-516, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000300035>.

MOTA, C., NASCIMENTO, A. C., SANTOS, M., DELGADO, I., COELHO, I., REGO, A., MATOS, A. S., TORRES, D., & CASTANHEIRA, I. The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus* sp.) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 49, pp. 57–64, 2016. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.02.006>.

MOTTA, C., CASTANHEIRA, I., GONZALES, G. B., DELGADO, I., TORRES, D., SANTOS, M., & MATOS, A. S. Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 76, pp. 58–65, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2018.10.001>.

MOTTA, C., DELGADO, I., MATOS, A. S., GONZALES, G. B., TORRES, D., SANTOS, M., CHANDRA-HIOE, M. V., ARCOT, J., & CASTANHEIRA, I. Folates in quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus* sp.) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*): Influence of cooking and malting. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 64, pp. 181–187, 2017. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2017.09.003>.

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

NGET, S.; ANDERSON, A.; COKERA, J.; ONDRUSA, M. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Food Chemistry**, v 101, n. 1, pp. 185–192, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.016>.

NINFALI, P., PANATO, A., BORTOLOTTI, F., VALENTINI, L., & GOBBI, P. Morphological analysis of the seeds of three pseudocereals by using light microscopy and ESEM-EDS. **European Journal of Histochemistry**: EJH, v. 64, n. 1, pp. 3075, 2020. <https://doi.org/10.4081/EJH.2020.3075>.

NOWAK, V., DU, J., & CHARRONDIÈRE, U. R. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Chemistry**, v. 193, pp. 47–54, 2016. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.02.111>.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; BERHOW, M. A.; MANDARINO, J. M. G.; MEJIA, E. G.; CHANG, Y. K. A high-protein soybean cultivar contains lower isoflavones and saponins but higher minerals and bioactive peptides than a low-protein cultivar. **Food Chemistry**, v. 120, n. 1, pp. 15–21, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.062>.

PEÑARRIETA, J. M., ALVARADO, J. A., ÅKESSON, B., & BERGENSTÅHL, B. Total antioxidant capacity and content of flavonoids and other phenolic compounds in cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): An Andean pseudocereal. **Molecular Nutrition and Food Research**, v.52, n. 6, pp. 708–717, 2008. <https://doi.org/10.1002/MNFR.200700189>.

PEREIRA, E., ENCINA-ZELADA, C., BARROS, L., GONZALES-BARRON, U., CADAVEZ, V., & C.F.R. FERREIRA, I. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. **Food Chemistry**, v. 280, pp. 110–114, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.12.068>.

PILCO-QUESADA, S., TIAN, Y., YANG, B., REPO-CARRASCO-VALENCIA, R., & SUOMELA, J. P. Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). **Journal of Cereal Science**, v. 94, n. 102996, 2020. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2020.102996>.

PONGRAC, P., KELEMEN, M., VAVPETIČ, P., VOGEL-MIKUŠ, K., REGVAR, M., & PELICON, P. Application of micro-PIXE (particle induced X-ray emission) to study buckwheat grain structure and composition. **Fagopyrum**, v. 37, n. 1, pp. 5–10, 2020. <https://doi.org/10.3986/FAG0012>.

REPO-CARRASCO, R., ESPINOZA, C., & JACOBSEN, S. E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). <Http://Dx.Doi.Org/10.1081/FRI-120018884>, v. 19, n. 1–2, pp. 179–189, 2006. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. A. M., & SERNA, L. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) como fonte de fibra alimentar e de outros componentes funcionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, pp. 225–230, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000100035>.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. A. M., ENCINA, C. R., BINAGHI, M. J., GRECO, C. B., & DE FERRER, P. A. R. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 12, pp. 2068–2073, 2010. <https://doi.org/10.1002/JSFA.4053>.



## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

RIOS, M. L. T.; SGARBIERI, V. C. Processos artesanais de dessaponificação: lavagem em água fria, água quente e seus efeitos. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**. ISBN: 978-0-12-374441-8, pp.1-31, 1980.

ROCCHETTI, G., MIRAGOLI, F., ZACCONI, C., LUCINI, L., & REBECCHI, A. Impact of cooking and fermentation by lactic acid bacteria on phenolic profile of quinoa and buckwheat seeds. **Food Research International**, v. 119, pp. 886–894, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.10.073>.

SCHOENLECHNER, R., SIEBENHANDL, S., BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E. K.; BELLO, F. D. **Gluten-free cereal products and beverages**. Academic Press, London, 2008, pp.149-190.

SHUKLA, A., SRIVASTAVA, N., SUNEJA, P., YADAV, S. K., HUSSAIN, Z., RANA, J. C., & YADAV, S. Genetic diversity analysis in Buckwheat germplasm for nutritional traits. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 56, pp. 827–837, 2018.

SILVA-SÁNCHEZ, C.; ROSA, A. P.; LEÓN-GALVÁN, M. F.; LUMEN, B. O.; LEÓN-RODRÍGUEZ, A.; MEJÍA, E. G. Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**.v. 56, n. 4, pp. 1233-1240, 2008. <https://doi.org/10.1021/jf072911z>.

STEFFOLANI, M. E., LEÓN, A. E., & PÉREZ, G. T. Study of the physicochemical and functional characterization of quinoa and kañiwa starches. **Starch - Stärke**, v.65, n. (11–12), pp. 976–983, 2013. <https://doi.org/10.1002/STAR.201200286>.

TAYLOR, J. R. N.; PARKER, M. L. Quinoa. In: BELTON, P.; TAYLOR, J. **Pseudocereals and less common cereals**. Springer, New York, 2002, pp.93-122.

TAYLOR, J.R. N; EMMAMBUX, M.N. Products containing other speciality grains: sorghum, the millets and pseudocereals. In. HAMAKER, B.R. **Technology of functional cereal products**. CRC Press, New York, 2008, pp.281-335.

TIEN, N. N. T., TRINH, L. N. D., INOUE, N., MORITA, N., & VAN HUNG, P. Nutritional composition, bioactive compounds, and diabetic enzyme inhibition capacity of three varieties of buckwheat in Japan. **Cereal Chemistry**, v. 95, n. 5, pp. 615–624, 2018. <https://doi.org/10.1002/CCHE.10069>

USDA – United State Department of Agriculture. Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. Nutrient Data Laboratory Home Page, 2012. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. Acesso em 20 de maio de 2015.

VALENCIA, S.; SVANBERG, U.; SANDBERG, A. S.; RUALES J. Processing of quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd): effects on in vitro iron availability and phytate hydrolysis. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 50, n. 3, pp. 203-211, 1999. <https://doi.org/10.1080/096374899101247>.

VILLA, D., RUSSO, L., KERBAB, K., LANDI, M., & RASTRELLI, L. Chemical and nutritional characterization of chenopodium pallidicaule (cañihua) and chenopodium quinoa (quinoa) seeds. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 26, n. 7, 2014. <https://doi.org/https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i7.18187>.

XING, B., TENG, C., SUN, M., ZHANG, Q., ZHOU, B., CUI, H., REN, G., YANG, X., & QIN, P. Effect of germination treatment on the structural and physicochemical properties

## Cap. 6 – TECNOLOGIA DE PSEUDOCEREAIS

**Autores:** MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI, MARCIO SCHMIELE, REBECA SALVADOR-REYES & JAIME AMAYA-FARFAN

of quinoa starch. **Food Hydrocolloids**, v. 115, n. 106604, 2021.  
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2021.106604>.

ZHANG, G., XU, Z., GAO, Y., HUANG, X., ZOU, Y., & YANG, T. Effects of Germination on the Nutritional Properties, Phenolic Profiles, and Antioxidant Activities of Buckwheat. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 5, pp. H1111–H1119, 2015.  
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12830>.

ZHOU, X., HAO, T., ZHOU, Y., TANG, W., XIAO, Y., MENG, X., & FANG, X. Relationships between antioxidant compounds and antioxidant activities of tartary buckwheat during germination. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 4, pp. 2458–2463, 2015. <https://doi.org/10.1007/S13197-014-1290-1/FIGURES/1>.

ZHU, F. Buckwheat starch: Structures, properties, and applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 49, pp. 121–135, 2016.  
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2015.12.002>.



**Autores:** Kamila Leite Rodrigues & Bruno Martins Dala-Paula

## **TECNOLOGIA DE CHÁS**

Por ser a bebida mais consumida no mundo depois da água, os chás possuem significativa relevância e impacto para a economia e saúde pública. A *Camellia sinensis*, também chamada de planta chá, é a matéria-prima desta bebida, que pode ser fabricada a partir de diferentes tecnologias de processamento.

Este capítulo apresenta aspectos históricos, histórias, informações detalhadas acerca do beneficiamento dos diferentes tipos de chás, com destaque para cada etapa do processamento e seus efeitos nas propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais da bebida. São também descritas as características gerais de seis tipos de chás, sendo eles: branco, verde, amarelo, oolong, preto e escuro, visando despertar o interesse do leitor ao conhecimento prático e aplicado do intrigante universo da tecnologia de chás. Ainda com o intuito de facilitar a compreensão e aprendizagem do assunto, há indicações de vídeos ao longo do texto. Desejamos uma boa leitura, acompanhada por uma deliciosa xícara de chá.



## 7 TECNOLOGIA DE CHÁS

O chá é uma bebida produzida a partir da planta *Camellia Sinensis*, ao contrário dos chás de ervas que são infusões de plantas que têm outras características, chamadas *tisanas*. Citações de infusões de outras plantas, deve-se seguir o nome da planta após a palavra chá, como por exemplo: chá de camomila, chá de alcaçuz, chá de lavanda, entre outros. O chá é a bebida mais consumida no mundo, depois da água e desempenha um papel significativo em muitos países, sendo mais que uma bebida, uma tradição milenar, única para cada cultura.

### 7.1 INTRODUÇÃO

Acredita-se que o chá tenha se originado no nordeste da Índia, norte de Mianmar (Birmânia) e sudoeste da China, mas o local exato onde a planta cresceu não é conhecido. Há evidências de que o chá foi consumido na China há cerca de 5.000 anos e, a história do chá, traz consigo lendas que são contadas sobre sua origem enfatizando as propriedades mágicas e a relação com personagens históricas de relevância (HASIMOTO, 2001; SHUAI et al., 2022).

O chá surgiu no ano de 2.737 a.C, de maneira acidental quando folhas de *Camellia sinensis* caíram em sua xícara com água quente fazendo com que o imperador Shen Nong se sentisse revigorado. A primeira referência documentada sobre o chá, com citações acerca de suas propriedades medicinais surgiu na dinastia Han (206 a.C.–220 d.C.), na China. Nesse período, monges budistas utilizavam o chá para se manterem acordados durante períodos de vigília.

O consumo de chá, durante a dinastia Tang (618–907), deixou as salas de meditação e conquistou a aristocracia e, por fim, se popularizou entre os chineses, representando um período de grande progresso no consumo e estudo sobre o chá. Essa expansão do chá teve forte influência de Lu Yu, autor do primeiro livro sobre o tema chamado *The Classic of Tea*, onde foi descrito os ingredientes fundamentais para o preparo e degustação de um bom chá, desde a escolha do terreno para o plantio até a qualidade da água necessária à infusão (SILVA, 2014).

Durante a dinastia Song (960-1279), surgiu maior controle da produção do chá através do imperador, estabelecendo-se uma forma de classificação da qualidade das folhas além de reservar alguns tipos de chá para elite da sociedade. Nesse período surgiu um novo modo de processar as folhas, em que elas eram moídas até se tornarem um pó bem fino, o que conhecemos hoje como “Matcha”. Esse pó, quando misturado à água

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

fervida, com auxílio de um batedor de bambu conduzia a um maior refinamento na apresentação e forma de consumo.

O novo processamento do chá, transformou os utensílios quando o imperador Huizong (1082-1135) ordenou que fossem criadas novas tigelas de cerâmica, mais elegantes e que aguentassem maiores temperaturas além de complementar a estética do vívido verde da espuma. Esse novo estilo de tigelas não só aumentou o prazer do consumo como a admiração pelo chá além do valor artístico dos objetos. Nesse período, surgiram muitas casas de chá com importância social, onde as pessoas podiam negociar, jogar, ouvir poesias e partilhar histórias.

Na dinastia Yuan (1271-1368), governada pelos mongóis, o processamento do chá escuro, que o tornava seu gosto mais forte a partir da prensagem com tijolo foi o mais difundido, além de aceitarem também o chá com as folhas soltas, mas desprezando o chá em pó que caiu em desuso.

Por meio de experimentações, os mongóis desenvolveram uma nova técnica para o processamento do chá. As folhas soltas eram colocadas em tachos e secas ao calor do fogo onde apresentavam-se menos ressecadas e menos queimadas, ficando esse processamento bem próximo da descoberta da técnica para produção do chá verde.

Entre o período de 1368–1644, na dinastia Ming, um dos primeiros e mais lógicos sistemas de identificação do chá foram desenvolvidos onde especialistas em chá o identificavam pela cor da bebida fabricada. Assim, eles usaram as designações de branco, amarelo, verde, azul, vermelho e preto para diferenciar as várias classes de chá. Com o tempo, alguns desses nomes mudaram, mas suas características não. Ainda nesse período, os segredos da oxidação foram descobertos. Como o chá era transportado em navios para outras regiões como Tibete e Mongólia e chegavam com características sensoriais alteradas, devido a fácil oxidação e fermentação que ocorria ao longo do trajeto, viu-se a necessidade de desenvolver um processamento adequado, a fim de garantir a estabilidade do produto. Apesar do chá preto ser visto como rude, adequado apenas aos bárbaros e estrangeiros, as condições de exportação para outras regiões foram aperfeiçoadas (HEISS; HEISS, 2007; GRACINDO, 2013; SILVA, 2014).

Sua difusão ao redor do mundo, iniciou-se apenas no século VI iniciando pelo Japão e, no século XVII, atingindo a Europa por meio de Portugal. No período das navegações exploratórias, os portugueses tiveram seu primeiro contato com a planta *Camellia sinensis* quando chegaram à China e, pelo interesse na bebida feita a partir da infusão das folhas, estabeleceram uma rota de comércio pelo porto de Macau, onde é possível notar a influência arquitetônica de Portugal. A partir de então, grande parte do

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

continente europeu teve acesso ao chá. Nessa travessia de tempos, o chá se transformou de medicamento e tempero a uma sofisticada e desejada bebida com diversas propriedades funcionais que são estudadas e certificadas pela ciência até os dias atuais (HEISS; HEISS, 2007; GRACINDO, 2013).

Como elemento cultural, a tradição secular da Cerimônia do Chá surgiu por meio dos monges budistas como um caminho para a meditação. Na Inglaterra, o famoso Chá das Cinco foi introduzido em 1840 pela Duquesa de Bedford que, para combater a fome no meio da tarde, criou uma leve refeição acompanhada de chá. No Brasil, em 1810, algumas mudas de chá chegaram no porto da Bahia juntamente com mão de obra chinesa para implementação do plantio, colheita e processamento das folhas de *Camellia sinensis*. Tendo como destino final o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, estudos e testes de adaptação da planta foram realizados sob a direção de Frei Leandro do Sacramento, que deixou uma obra intitulada Memória Econômica sobre a Plantação, Cultura e Preparação do Chá, publicada em 4 de junho de 1825.

Após a abolição da escravatura em 1888, houve perda de mão de obra para as etapas de produção do chá culminando em declínio da teicultura no Brasil. No entanto, em 1908, com a imigração japonesa no Brasil e permissão para cultivo de outras lavouras que não a de café, Torazo Okamoto reiniciou o cultivo de chá em São Paulo. Esse imigrante foi também responsável por implementar o cultivo da *Camellia sinensis* de variação indiana *assamica*, cujo tamanho e rendimento são maiores que a variação chinesa *sinensis*. Há época, era considerada ideal para produção do chá preto, que estava em ascensão no Brasil, a variação indiana *assamica*, sendo a variação chinesa *sinensis* produzida somente para o chá verde. Tal fato não se aplica mais pois ambas as variações são utilizadas em diferentes processamentos do chá (SACRAMENTO, 1825).

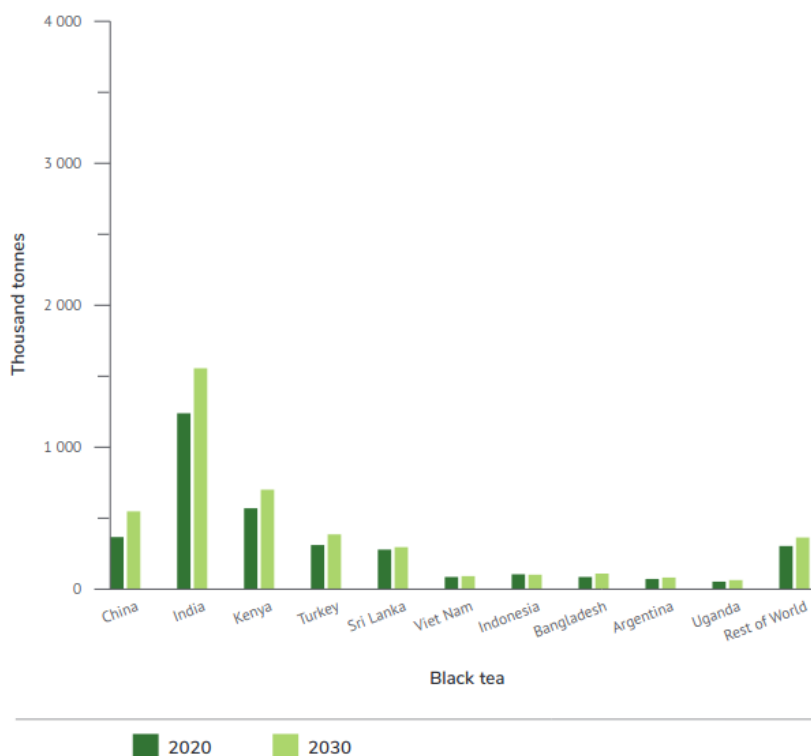
Para além da importância histórica e do profundo significado cultural e econômico do chá ao redor do mundo, a Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou o dia 21 de maio como sendo o Dia Internacional do Chá contando com a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) como líder desse movimento. A celebração tem como objetivo promover a produção, consumo e comércio sustentáveis do chá oferecendo uma oportunidade para os produtores em nível global, nacional e regional garantirem que o setor do chá continue atuando em prol do desenvolvimento e redução da pobreza extrema, combate à fome e proteção de recursos naturais (FAO, 2022).

A produção e o processamento de chá são a principal fonte de subsistência de milhões de famílias, principalmente nos países em desenvolvimento, bem como fonte de

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

manutenção da saúde. A Figura 47 apresenta a produção de chá preto pelos principais países produtores, com destaque para Índia, Quênia, China, Turquia e Sri Lanka.



**Figura 47** – Produção de chá pelos principais países produtores. Fonte: FAO/EST (2022).

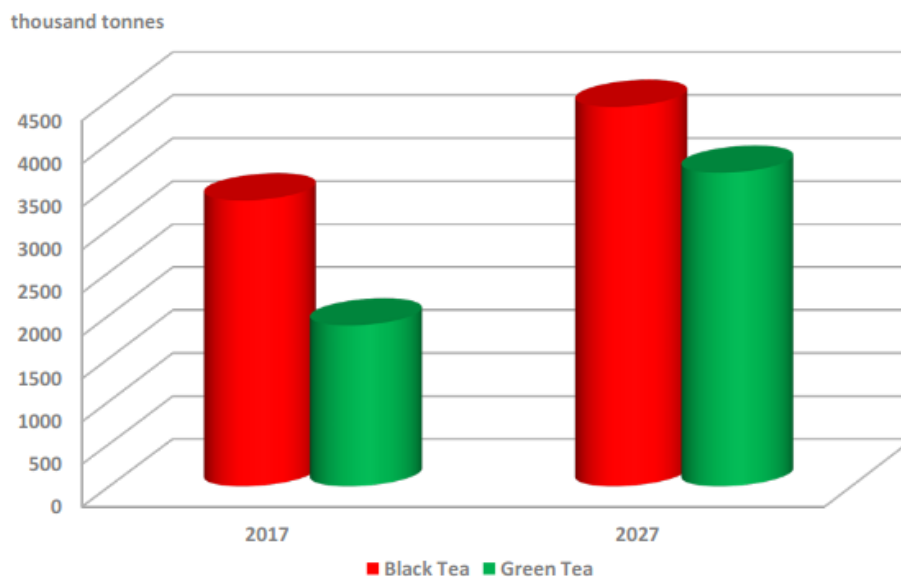
A FAO reconhece quatro locais como Sistemas de Patrimônio Agrícola Globalmente Importantes (GIAHS) que combinam patrimônio e sustentabilidade no cultivo de chá; 1) Pu'er Traditional Tea Agrosystem na China; 2) Traditional Tea-Grass System em Shizuoka, Japão; 3) Fuzhou Jasmine System na China; 4) Traditional Hadong Tea Agrosystem na Coreia do Sul.

Novas oportunidades de renda e melhora da segurança alimentar nos países produtores de chá são esperadas, de acordo com o relatório da FAO (2022b). Há previsão de que o consumo e a produção global de chá continuem aumentando ao longo da próxima década, impulsionados pela alta demanda em países emergentes (Figura 48).

O relatório da FAO sugere que o aumento do consumo de chá tenha sido impulsionado também pela maior conscientização a respeito dos efeitos benéficos à saúde, como os efeitos anti-inflamatórios, antioxidantes e no auxílio à perda de peso corpóreo. Os benefícios de saúde e bem-estar são apontados como os principais fatores de crescimento do consumo nas próximas décadas.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

Autores: KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA



**Figura 48** – Produção atual e projetada para os chás preto e verde.  
Fonte: FAO IGG/Tea Secretariat (2018).

A promoção dos benefícios do chá como estratégia de venda se torna eficaz em diversos mercados, juntamente com o crescente investimento em educação sobre o chá. Assim, a chegada de novos clientes com interesse em conhecer mais sobre o chá, onde é obtido, os benefícios do consumo e a forma adequada de prepará-lo. O aumento do consumo de chá de folhas soltas nos Estados Unidos, por exemplo, é resultado da maior conscientização da saúde pública (FAO, 2022).

Para além do consumo tradicional, há uma crescente demanda global por produtos modernos para jovens consumidores urbanos, principalmente na China e Índia. Chás especiais, qualidade *gourmet*, processamentos diferenciados e a forma de produção em geral; qualidade, origem e contribuição para o desenvolvimento sustentável bem como o consumo em ambientes sofisticados de casas de chás especiais, restaurantes, hotéis e cafés são os atrativos para essa nova classe de consumidores (FAO, 2018).

Neste contexto de elevada demanda, o setor de varejo atende às novas preferências por meio de uma variedade de chás com diferentes origens, sabores diferenciados com combinações inusitadas e variedades personalizadas. Formas mais rápidas do preparo do chá são oferecidas por *gadgets* de consumo e embalagens como alternativas ao saquinho tradicional; chás instantâneos, cápsulas para máquinas de café, chás experimentais e novos sabores. Assim, promover o desenvolvimento do mercado como base na cultura do chá bem como na identidade cultural das sociedades ao redor do mundo se torna uma das estratégias para sustentar e expandir o seu consumo.



## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

Entretanto, a produção de chá é sensível a mudanças nas condições de cultivo tendo as alterações climáticas como uma forte preocupação sobre seu impacto nas plantações, qualidade e rendimento dos produtos. Paralelamente, há um crescente reconhecimento das necessidades das empresas produtoras em mitigar as mudanças climáticas por meio da redução das emissões de carbono ao longo da cadeia produtiva, do plantio ao processamento do chá (FAO, 2018). Neste sentido, as questões de sustentabilidade em toda a cadeia de chá são norteadoras para a sua manutenção pelas próximas décadas, abrangendo as dimensões da sustentabilidade econômica, ambiental e social.

Sobre a sustentabilidade econômica, questões interconectadas tais como um excesso de oferta, preços baixos, falta de transparência em leilões, baixos salários e baixa demanda por produtos certificados faz com que o chá vendido no mercado convencional e os produtores não recebam prêmios, apesar de terem investido na certificação de sustentabilidade. Essa discrepância entre a oferta e a demanda por chá certificado é geralmente percebida como uma barreira ao aumento da renda agrícola. Aproximadamente 85% do chá é vendido por multinacionais sendo um quinto controlado por apenas três delas, ficando, os preços do chá, muito baixos.

Sobre a sustentabilidade social, as principais questões do setor são a escassez de mão de obra, por um crescente desinteresse dos jovens pela plantação de chá e uma força de trabalho envelhecida. Além disso, outros fatores distanciam da sustentabilidade da produção, como as condições inadequadas de trabalho e de qualidade de vida nas áreas rurais, baixos salários, longas jornadas de trabalho, exposição a pesticidas e equipamentos de proteção individual insuficientes, além de contratos vulneráveis ou inexistentes. A discriminação, com relatos contra comunidades, migrantes e, em particular, a desigualdade de gênero, reforça a designação das mulheres ao trabalho de campo físico e árduo, muitas vezes, com menos recursos como terra e financiamentos, enquanto os homens atuam em funções de supervisão e gestão (MWANGI et al., 2021).

Sobre a sustentabilidade ambiental, a produção de chá apresenta diversos problemas tais como desmatamento, plantações em áreas de alta biodiversidade associadas à destruição de florestas tropicais. Durante o processo de secagem das folhas, pode-se necessitar de um hectare de madeira para cada três hectares de chá. Elevada erosão e diminuição da fertilidade do solo devido às monoculturas, cultivo em terrenos inclinados e remoção de florestas. Ainda, o uso de agroquímicos e fertilizantes, comum nas plantações de chá, apresentam implicações sociais e ambientais.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

Autores: KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

Considerando toda a produção de chá, levando em conta a manutenção da cultura, desenvolvimento de novos produtos que atendam as demandas atuais bem como as questões ligadas a sustentabilidade, o processamento torna-se um ponto em comum para abarcar as diferentes necessidades e problemas da cadeia produtiva. Tal fato se refere a importância das diferentes propriedades desenvolvidas e transformadas nas folhas a partir das tecnologias do chá (MONGALE et al., 2020; MWANGI et al, 2021).

### 7.2 PLANTA DE CHÁ

A planta de chá, *Camellia sinensis*, **Figura 49**, pertence à família botânica *Theaceae*, sendo catalogada inicialmente pelo botânico sueco Carl Von Lineé no século XVII como *Thea sinensis*.



**Figura 49** – *Camellia sinensis*, ramo de folhas verdes com flores.

Fonte: <https://www.publicdomainpictures.net/pt/view-image.php?image=409297&picture=tea-plant-vintage-art>

O gênero *Camellia*, posteriormente aplicado pelo botânico Robert Sweet, possui mais de 250 variedades diferentes. No entanto, tem sua origem geográfica como determinante de suas subespécies utilizadas para produção de chá; (i) *Camellia sinensis*

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

originária do Sul da China, possui folhas pequenas, adaptada ao clima frio e úmido, em altitudes mais elevadas, geralmente cultivada em regiões montanhosas da China, Taiwan e Japão. (ii) *Camellia assamica* proveniente do Norte da Índia, província de Assam, possui folhas de até 20 centímetros, adaptada a regiões tropicais, geralmente cultivada na Índia, Sri Lanka e Quênia (JUNEJA, 2013).

A planta de chá é uma árvore que pode chegar até 30 metros de altura quando livre na natureza, entretanto, nas plantações, não ultrapassam 1,5 metro devido as frequentes podas. Produz folhas verdes que podem variar do tom claro ao escuro com tamanhos de 1 a 20 centímetros, como na variedade *assamica*. Embora raras, a planta produz flores brancas (**Figura 49**), reprodutoras de sementes que, devido às colheitas dos brotos e folhas novas, não apresentam florada, tendo o arbusto um rendimento de até 5 colheitas ao ano.

O cultivo da *Camellia sinensis* necessita de cuidados especiais para produção de folhas e brotos de alta qualidade para os chás. Assim, a maioria das colheitas são manuais e uma pequena parcela das plantações são automatizadas. A qualidade da bebida está diretamente relacionada à colheita que deve ser realizada no horário de maior iluminação e calor, período de maior atividade fisiológica e maior quantidade de fitoquímicos na planta (JUNEJA, 2013). Ainda, é importante destacar que diferentes tipos de chá requerem especificidades da colheita das folhas, sendo um broto e duas ou três folhas enquanto outros, com maior qualidade, um broto e uma folha apenas.

Alguns chás verdes de alta qualidade, como o matcha, são produzidos a partir de folhas de chá cultivadas sob 90% de sombreamento por 2 semanas e 50% de sombreamento por 1 a 2 semanas antes de serem colhidas, o que desempenhará papel fundamental nas características do chá (CHI et al., 2009). A partir da *Camellia sinensis*, variações *sinensis* e *assamica*, são produzidos 6 tipos de chás: branco, amarelo, verde, oolong, preto e escuro, tendo o processamento das folhas o maior impacto nas características sensoriais e de saúde.

### 7.3 PROCESSAMENTO DAS FOLHAS DE CHÁ

A obtenção dos diferentes tipos de chás é determinada por meio dos processamentos das folhas e suas diferentes etapas, resumidas na Figura 50.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

Autores: KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA



**Figura 50** – Etapas do processamento primário de chá em seis diferentes tipos.

Leg.: \*Na tecnologia de chás o termo fermentação é comumente utilizado para se referir ao processo de oxidação enzimática, embora ocorra no chá escuro, conferindo sua marca principal. <sup>1</sup>folhas mais alongada (semelhantes a fios finos/penugem); <sup>3,4,5</sup>Apesar de serem mencionados na literatura como chás parcialmente fermentados (BORTOLONI et al., 2021; WANG et al., 2019; WU et al., 2012), esta etapa não acontece, com exceção do chá amarelo que a depender das condições do processo de amarelamento, pode apresentar leve fermentação (WEI et al., 2022); <sup>2</sup>considerado um chá não oxidado; <sup>5</sup>Chá completamente oxidado durante o processo de enrolamento pelas enzimas endógenas da planta; <sup>6</sup>fermentação ocorre simultânea a etapa de oxidação e pós-fermentação na etapa de envelhecimento.

Nota: Na literatura científica existem diferenças na ordem de realização, condições e etapas do processamento de cada tipo de chá (WANG et al., 2019).

Fonte: Modificado de Chi et al. (2009); Bortolini et al. (2021). Imagens disponíveis em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maofeng\\_green\\_tea.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maofeng_green_tea.jpg); [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meepitiya-White\\_tea-Silver\\_Tips.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meepitiya-White_tea-Silver_Tips.jpg); [https://teapedia.org/en/Yellow\\_tea](https://teapedia.org/en/Yellow_tea); <https://www.curioustea.com/tea/pu-erh/liu-bao-hei-cha/>; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Qi\\_Lan\\_Oolong\\_tea\\_leaf.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Qi_Lan_Oolong_tea_leaf.jpg); <https://pixabay.com/photos/black-tea-tea-aroma-1649000/>

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

Antes de se abordar acerca dos diferentes tipos ou estilos de chá, é primeiramente necessário entender que todo processamento de chá tem etapas em comum: **(i) colheita; (ii) transporte; (iii) seleção; (iv) lavagem (higienização); (v) secagem (ao natural ou com ventiladores); (vi) murchamento/secagem primária.** A partir desta etapa, são realizados **(vii) processamentos específicos para os diferentes tipos de chá**, sendo algumas etapas comuns aos diferentes tipos de chás, porém, em momento ou com parâmetros distintos; **(viii) secagem final; (ix) avaliação/amostragem/padronização e; (x) embalagem.** O processo central é o item (vii), que difere e determina a classe à qual o chá finalizado pertence. Existem muitas variações nos parâmetros e na forma em que as etapas do item (vii) são realizadas, sendo encontradas significativas diferenças na literatura científica (BORTOLONI et al., 2021; SATO; IKEDA; KINOSHITA, 2007; WANG et al., 2019; WEI et al., 2022). Além disso, existem inúmeros outros fatores relacionados às condições edafoclimáticas, com as características do clima e solo da região, cultivar da planta e colheita (período do dia, clima, estação e técnica) que interferem nas características sensoriais e funcionais finais do chá. A experiência do mestre de chá ao longo de todo o processamento, também é relevante para a qualidade do produto. Assim, é possível manter uma consistência na fabricação do chá em cada área produtora, mas com particularidades entre os produtores, devido às questões mencionadas anteriormente (HEISS, HEISS, 2007; CHI et al., 2009).

As folhas frescas (e para alguns tipos de chá, mais especificamente são colhidas duas folhas novas e um broto da *Camellia sinensis*, que crescem no topo da planta com período médio de 7 e 15 dias para sua renovação), logo após a **colheita** são **transportadas** de diferentes formas como em cestos de mão, lombo de burro, caçamba, bicicleta, moto, jipe, barco e caminhão. As diferentes condições de transporte interferem na integridade das folhas e, conseqüentemente, em seu teor de umidade e nos níveis de oxidação enzimática. A contenção das folhas, durante o transporte para o local de processamento, deve permitir boa circulação de ar e baixa compressão, pois se inicia nesse momento, inevitavelmente, a etapa de **murchamento**, em que há redução da umidade das folhas.

Uma vez na unidade de processamento, as folhas são **selecionadas e lavadas**, com o objetivo de remover detritos, pedaços de galhos, folhas danificadas por animais ou micro-organismos, plantas estranhas, outras partes da planta diferentes das folhas e demais contaminantes físicos, como poeira, terra etc. A manutenção da uniformidade das folhas bem como a padronização dos lotes é fundamental para a qualidade final da bebida. Considerando o tipo de chá que se deseja produzir, é extremamente recomendado a **higienização** (lavagem + sanitização) das folhas, ao invés de apenas realizar a lavagem,

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

como é tradicionalmente realizado em muitas unidades de fabricação de chá. No entanto, caso a produção de chá seja realizada no Brasil, deve-se atentar para a escolha de um saneante autorizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que não interfira significativamente nas características sensoriais e funcionais do produto final.

Na sequência as folhas são **secas** para eliminar o excesso de água, podendo ser mantidas ao ambiente ou expostas em ventilação para acelerar o processo, finalizando esta etapa (**murchamento/ secagem primária**) a critério do mestre de chá. Essa etapa é necessária para reduzir o conteúdo de água das folhas frescas até a faixa de 65-75%, conferindo leveza e maleabilidade; aumentando a proporção de aminoácidos livres em relação aos polifenóis (que iniciaram o processo de oxidação pelas enzimas endógenas dos grupos polifenoloxidase e peroxidase) e iniciando a modificação das características sensoriais dos chás, como sabor, aroma e gosto (BORTOLONI et al., 2021; WANG et al., 2020; YI et al., 2015; ZHU et al., 2020). Na presença de oxigênio, as enzimas do grupo polifenoloxidase, catalisam a hidroxilação de monofenóis, formando *o*-difenóis que são oxidados gerando *o*-quinonas e pigmentos escuros chamados de melanoidinas (BORTOLONI et al., 2021). A ocorrência desta reação de oxidação em diferentes graus, podendo ser favorecida ou inibida por outras etapas envolvidas no beneficiamento da planta chá, são responsáveis pelas características sensoriais e químicas de cada tipos de chá.

Nas unidades de produção, o murchamento pode ser realizado em diferentes condições e subetapas:

- as folhas podem ser espalhadas em tecidos e mantidos a temperatura ambiente ou levemente aquecida, com a possibilidade de serem expostas ou não à luz solar (FARMER LEAF, 2021);
- alguns autores consideram a ocorrência desta etapa apenas durante a colheita e transporte, passando para a etapa de higienização e fixação, quando na unidade de produção (WANG et al., 2019);
- podem ser espalhadas em tecidos, estendidos no piso de salas dotadas de tetos de vidro (ou outra forma de abertura), para permitir a entrada da luz solar entre 15 e 25 minutos, sendo reviradas constantemente, encaminhadas para grandes peneiras de bambu por 6 a 8 horas, sendo reviradas a cada 2 horas, por exemplo e, na sequência transferidas para grandes tambores de palha ou bambu rotatórios, permeáveis ao oxigênio que misturam as folhas e promovem a leve ruptura do tecido vegetal (SCIENCE CHANNEL, 2021), dentre outras formas.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

A partir deste ponto, a folha fresca tomará diferentes caminhos na rota que a transformará em seu produto acabado e que, compartilhará novamente a semelhança no processo ao ponto da secagem final, sendo uma etapa muito importante pois, se não for finalizado corretamente poderá comprometer todo o trabalho feito nas etapas anteriores. Um acabamento inadequado traduz-se por umidade mais elevada, permitindo assim maior atividade de água nas folhas e a presença de fermentação, conferindo *off-flavors*, odor desagradável, como de mofo, além de sabor desagradável.

Finalizada a etapa de murchamento/secagem primária, segue a apresentação com mais riqueza de detalhes acerca das seis classes de chás, priorizando as etapas centrais do processamento [comuns em diferentes unidades de fabricação de chás - item (vii)] que determinam a classe à qual o chá finalizado pertence. Os tipos de chá podem ser visualizados na **Figura 51**.



**Figura 51** – Folhas de *Camelia sinensis* processadas em seis tipos tradicionais de chás. Fonte: Zhu *et al.* (2020)

### 7.3.1 Chá Branco

A lenda sobre o chá branco conta que na época dos primeiros imperadores chineses, apenas as virgens usando luvas de seda branca podiam arrancar os botões que se tornariam chá branco. O chá branco é nomeado de agulha de prata por suas características únicas, referentes a cor branca com penugem que o torna prateado e sua forma alongada e fina como agulha.

Para o processamento do chá branco original, na província de Fujian, na costa leste da China, os botões são colhidos antes que tenham a chance de se transformar em folhas. As plantas de chá cultivadas especialmente para esse tipo apresentam um terroir específico, com produção pequena. Entretanto, uma pequena quantidade de chá branco processada de forma tradicional com botões é produzida na província de Anhui e nas regiões de cultivo de chá de Assam, Darjeeling, Nilgiri e Sri Lanka no sul da Ásia. Muitos produtores de chá consideram o chá branco como um processo de fabricação e não como

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

um produto único que é a soma total de terroir, história e experiência (HEISS, HEISS, 2007; GRACINDO, 2013).

Os botões de chá branco são sombreados durante as últimas três semanas antes da colheita. Esses brotos são secos em pavilhões, sendo uma área sombreada e com boa circulação de ar. Esta técnica evita o desenvolvimento da clorofila pela exposição ao sol e permite que o chá fresco seque rapidamente sem a necessidade de aplicação externa de calor. Como essas variáveis são difíceis de combinar, a produção limitada de chá branco genuíno Fujian tem um preço alto a cada ano.

Geralmente o chá branco é processado com apenas duas etapas, murchamento e **secagem** sendo que ambas as etapas podem acontecer simultaneamente, a exemplo da secagem ao Sol. O método de fabricação mais antigo é a secagem ao Sol, sendo atualmente encontrado diferentes processos como a secagem em tanques com ventilação levemente aquecida (cerca de 40 °C), em telas de bambu ou de palha em temperatura ambiente ou em estufas (BORTOLONI et al., 2021; WANG et al., 2019).

O processamento do chá branco não envolve etapa de fixação (semelhante a um processo de branqueamento a vapor ou cocção direta em panela aquecida), para inativação enzimática após o murchamento, responsável por mais uma ligeira oxidação, entre 8% e 16%, diferindo por exemplo, do processamento do chá verde onde se realiza a etapa de fixação. A depender do período de espera entre as etapas de murchamento e secagem e das condições da secagem, o chá branco pode preservar expressivo conteúdo de fenólicos (BORTOLINI et al., 2021). Com um sabor mais leve e adocicado após o processamento, o chá branco é mais próximo das folhas de chá frescas do que o chá verde, sendo muito diferente das outras variedades de chá (DIAS et al., 2013).

Contudo, Wang et al. (2019) encontraram conteúdo total de catequinas no chá branco, significativamente inferior ao chá verde e amarelo, similar ao conteúdo reduzido encontrado nos chás oolong e escuro. Os menores teores de catequinas foram observados no chá preto. No entanto, é importante destacar que os autores não realizaram a etapa de secagem no chá branco, o que contribui para maior teores de umidade nas folhas e diluição das catequinas e demais fenólicos, quando comparado aos chás que foram secos.

O chá branco pode ser fabricado na primavera, verão e outono, mas não no inverno. O chá branco de primavera tem qualidade *premium*, o de outono é o segundo e o de verão possui o grau mais baixo de classificação (HEISS, HEISS, 2007).



### 7.3.2 Chá Verde

A complexidade, variedade e singularidade do chá verde não tem limites e, cada vez mais, há novas opções de chá verde no mercado. Assim, a melhor maneira de aprender sobre o chá verde é o degustando. Muitas vezes, pode não ser agradável ao paladar pois, seu primeiro gosto pode vir de chá verde de baixa qualidade, infundado a uma temperatura muito elevada ou mantido por muito tempo em infusão. Na China, o chá verde pode ser classificado com base na estação de crescimento, sendo que aqueles de crescimento no verão e outono apresentam forte adstringência e amargor, quando comparado ao chá de primavera. Essas diferenças são determinantes para a maior venda do chá na primavera, podendo acarretar desperdício do chá e seus recursos em outras estações (WEI et al., 2022).

As características de amargor e adstringência são relacionadas ao conteúdo de cafeína, catequinas e glicosídeos flavonoides, com a cafeína e o galato de epigallocatequina potencializando o amargor e a adstringência (HEISS, HEISS, 2007; YIN et al., 2014; ZHANG et al., 2020). A epigallocatequina-3-galato (EGCG), da classe das catequinas, encontra-se em maior abundância no chá verde, representando cerca de 50 a 90% do total de catequinas no chá (BORTOLINI et al., 2021; YIN et al., 2014).

Neste sentido, há a possibilidade de se buscar o chá verde que melhor agrade o paladar. Os mestres de chá o produzem de diferentes maneiras e, portanto, as descrições sobre o processamento do chá verde se referem ao chá de alta qualidade, feito em folha, não em sachê, que muitas vezes são produzidos com a parte descartada na etapa de classificação das folhas ou por chás de baixa qualidade.

Após a etapa de murchamento (realizada com especificidades em cada unidade produtora), é realizada a etapa de **fixação** (MIYAZAKI, 2008; PAGANINI-COSTA; CARVALHODA-SILVA, 2011), com função semelhante ao branqueamento aplicado em frutas e hortaliças. A fixação pode ser realizada por vapor aquecido (cerca de 220 °C/ 30 min) (WANG et al., 2019); imersão em água quente (menos comum já que ocasiona a lixiviação de compostos hidrossolúveis), além da utilização do aquecimento direto em panela, tachos ou tanques.

A fixação tem função de inativar as enzimas polifenoloxidase, peroxidases, a fim de estabilizar as alterações no conteúdo de compostos fenólicos e de outras enzimas com atuação na clorofila e em outros atributos sensoriais da folha (CHI et al., 2009; JUNEJA, 2013; PHUOC et al., 2020). Esse processamento, quando bem executado, mantém seus constituintes dentro de suas estruturas celulares contribuindo para o sabor, a adstringência e otimiza os efeitos funcionais atribuídos aos polifenóis e catequinas do chá, além de

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

preservar sua cor verde. De acordo com as formas de fixação, o chá verde é subdividido em chá verde cozido no vapor, produzido e consumido principalmente no Japão e chá verde frito, produzido principalmente na China e exportado para o mundo.

Quando as folhas fixadas ficam amolecidas, devido a ação do vapor aquecido ou cozimento, são encaminhadas para o **enrolamento** em máquinas de rolo que trabalham em movimentos rotatórios contrários. Essa etapa é necessária para gerar leves rupturas nas estruturas celulares das folhas, além de moldar suas formas, deixando-as retorcidas e encaracoladas. O objetivo dessa etapa é auxiliar na modulação da liberação de compostos ativos para o sabor e aroma durante a infusão (JUNEJA, 2013).

Em seguida, as folhas são encaminhadas para **secagem** final em estufas elétricas, a carvão ou a gás. Essa etapa é fundamental para ajustar o teor de umidade que deve ser inferior a 6%, garantindo qualidade ao chá, já que as folhas com elevada umidade, podem apresentar elevada atividade de água e favorecer o desenvolvimento microbológico. Além disso, o conteúdo de fitoquímicos se torna menos concentrado, comprometendo a qualidade sensorial, que reflete na baixa aceitação geral pelos consumidores. As diferenças no perfil sensorial dos chás verdes são decorrentes de variações do processamento das folhas conforme apresentado na Figura 52.



### ***Facilitando o entendimento!***

Para visualizar o cultivo, colheita e etapas do processamento da *Camelia sinensis* no Brasil, assista ao vídeo: “Colheita de chá verde”, publicado em 2015 no canal “Negócios da Terra”. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=oj30EY3rq\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=oj30EY3rq_8).



O vídeo intitulado: “*How it’s made: Tea*”, publicado em 2021 pelo canal “Science Channel” apresenta as etapas de produção do chá verde na Tailândia. O vídeo é narrado em inglês, com a possibilidade de ativação da legenda, no mesmo idioma. O processamento demonstrado, considera um curto período de exposição das folhas às condições ambientais, seguido de etapa de “desrupção”, que favorecerá o contato do oxigênio às folhas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Yx8EmMuMiqM>



## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

Autores: KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA



**Figura 52** – Diferenças nas etapas do processamento do chá verde apresentando perfis sensorial distintos.

Leg.: <sup>1</sup>Chá com frescor e suave gosto umami; <sup>2</sup>Chá verde de alta qualidade e menos amargo, com gosto umami predominante; <sup>3</sup>Chá de coloração verde brilhante e combinação de amargor típico com gosto umami; <sup>4</sup>Chá verde comum, com amargor típico; <sup>5</sup>Chá de coloração marrom clara a vermelho, com sabor de torrado; <sup>6</sup>Chá ligeiramente amargo, com gosto doce e sabor levemente de torrado.

Fonte: Adaptado de Chi et al. (2009). Figuras disponíveis em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Matcha\\_Green\\_Tea\\_Latte\\_\(35487991553\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Matcha_Green_Tea_Latte_(35487991553).jpg); [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2017\\_Kagoshima\\_sencha\\_-\\_second\\_infusion.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2017_Kagoshima_sencha_-_second_infusion.jpg); [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Green\\_tea\\_kabusecha.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Green_tea_kabusecha.jpg); <https://www.flickr.com/photos/deep-resonance/39781366892/>; <https://pxhere.com/en/photo/1553579>; [https://www.flickr.com/photos/kiri\\_no\\_hana/8553624681/in/photostream/](https://www.flickr.com/photos/kiri_no_hana/8553624681/in/photostream/)

### 7.3.3 Chá Amarelo

O chá amarelo, desde a antiguidade até os dias atuais, é conhecido como um dos mais raros e ganhou popularidade nos últimos anos devido ao seu sabor agradável e suave além dos conhecidos benefícios para a saúde. Ele é produzido em pequena quantidade por apresentar um trabalho extra envolvido e em poucas localidades na China, como em Huangshan, que significa Montanha Amarela. Tem muito em comum com os chás verdes colhidos no início da primavera onde apresentam maior frescor. É produzido a partir dos brotos de primavera e processados de forma semelhante ao chá verde até o ponto da fixação.

Após a **secagem inicial** a **fixação** é um procedimento importante no processamento do chá amarelo, que ajuda a reduzir a atividade enzimática, mas que pode promover transformações químicas como a autooxidação e isomerização de polifenóis; a hidroxilação parcial do amido em açúcares simples; a decomposição parcial de proteínas em aminoácidos e; a oxidação e degradação da clorofila. Ainda, auxilia na evaporação da água e reduz o sabor adstringente. Desempenha um papel importante na mudança e na qualidade dos produtos de chá amarelo (HEISS, HEISS, 2007; ZHU *et al.*, 2020).

Comparado ao chá verde, os chás amarelos utilizam mais folhas frescas, temperatura mais baixa e maior tempo para o processo de fixação. Dessa forma, o binômio “tempo x temperatura” deve ser adequadamente estabelecido e implementado para no processamento deste chá, para inativar completamente a atividade enzimática (XU *et al.*, 2018; WEI *et al.*, 2021).

Após a fixação as folhas são submetidas ao processo de **enrolamento**, que provocará leve desestruturação do tecido vegetal, facilitando a saída de compostos retidos em organelas e vacúolos celulares. Na etapa adicional chamada **amarelamento** (Men Huan), as folhas enroladas são cobertas em um pano úmido (geralmente de algodão), com a manutenção da temperatura de 30 °C, umidade relativa de 90% ao longo de 24 h (WEI *et al.*, 2022). Durante essa etapa, a clorofila e os polifenóis contidos nas folhas frescas sofrem leve oxidação, sob os efeitos do calor e da umidade resultando na aparência amarela. A depender das condições é possível a ocorrência de fermentação microbológica das folhas, com hidrólise de epigalocatequinas. Essas catequinas presentes nas folhas frescas são significativamente reduzidas devido à oxidação e transformação, de modo que o sabor se torna suave pela remoção do cheiro característico de grama associado ao chá verde, preservando sua saúde e benefícios (WEI *et al.*, 2021).

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

O chá amarelo tem um teor de aminoácidos livres maior que o chá verde e, nesse processo, conferem sabor adocicado e limpo. Esta cobertura úmida pode durar várias horas ou até vários dias, durante os quais a fragrância e a doçura aumentam. A adstringência é rara devido a oxidação que transforma as catequinas em novos compostos. Após esta etapa extra, a fabricação do chá amarelo retoma o curso idêntico ao do chá verde seguindo a fixação, enrolamento e secagem final. (WEI et al., 2020). Uma pesquisa desenvolvida para verificar os efeitos do processo de amarelamento demonstrou redução nos teores de compostos responsáveis pelos aromas de grama, floral e frutado, em contrapartida, aumentou os teores de compostos responsáveis pelo gosto doce e sabor de cogumelo, o que contribui com o aumento da aceitação geral do chá (WEI et al., 2022).

### 7.3.4 Chá Oolong

O nome chá oolong (em chinês, chá do dragão preto) é também chamado de chá azul. Há uma explicação amplamente aceita sobre a origem do nome chinês. O nome original não se relacionava aos dragões, mas sim em homenagem a Wu Long, que descobriu o chá oolong por acidente quando se distraiu caçando e deixou que as folhas de chá recém colhidas iniciassem a oxidação. Entretanto, não queria desperdiçar o chá e terminou o seu processamento. Surpreendentemente, este chá era suave e aromático, diferente de qualquer chá que já havia provado antes. Em pouco tempo, o chá de Wu Long era conhecido em toda a província e começou a usar um nome oolong (NG et al., 2018).

Os chás oolong são feitos de grandes folhas de chá e o chá acabado varia de castanho a cinza esverdeado. Na maioria dos casos, oolongs finos requerem várias infusões sucessivas para que as folhas se desdobrem em toda a sua extensão. Este chá apresenta a combinação do frescor do chá verde com a fragrância do chá preto devido ao seu processamento especial onde há maior oxidação nas bordas das folhas (CHI et al., 2009).

No processamento do chá oolong as folhas **colhidas** e adequadamente **higienizadas**, são submetidas à etapa de **murchamento**, podendo ser executada da seguinte forma: são espalhadas e secas em presença ou ao abrigo do Sol em telas de ventilação por várias horas sendo **viradas** periodicamente para permitir uma secagem uniforme. Na sequência são transferidas para grandes peneiras e **agitadas** constantemente, onde se inicia um **processo de oxidação (parcial)** das folhas. Após 4 ciclos de descanso por 2 h acompanhados de agitação (manual ou em equipamentos próprios) por alguns segundos (totalizando aproximadamente 8 h), as folhas são transferidas para tambores rotatórios para continuar a mistura e aeração das folhas, favorecendo a **oxidação enzimática** de metabólitos secundários. Assim, as folhas verdes

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

são levemente machucadas nas bordas por agitação e vibração mecânica (sendo também realizada de forma manual), conferindo bordas avermelhadas à folha, após a oxidação induzida (entre 17% e 85%) de redução do conteúdo de fenólicos quando comparado ao chá verde (BORTOLONI et al., 2021) com o centro da folha ainda verde.

Quando se atinge a taxa de oxidação adequada e desejada pelo mestre de chá, as folhas são transferidas para a etapa de **fixação** onde são aquecidas, geralmente por ar quente, em grandes tambores, para interromper o processo de oxidação. Essa etapa mantém uma temperatura mais elevada a fim de inativar as enzimas oxidativas. Com o calor interno gerado durante essa etapa de fixação, as folhas são conduzidas para a etapa de **enrolamento**. É importante que as folhas ainda estejam levemente aquecidas, para que permaneçam maleáveis, do contrário, esfriarão e poderão se tornar quebradiças, inviabilizando a etapa de rolagem. O processo de enrolamento das folhas, acompanhado do pressionamento das folhas é realizado durante cerca de 7 a 9 h. Esse processo permite que haja liberação de aminoácidos pelas proteínas degradadas e aumenta a liberação de cafeína, conferindo o sabor diferenciado do chá (CHEN et al, 2010; NG et al, 2018). Ao longo da etapa de enrolamento, pode ser necessário o leve aquecimento das folhas e a continuação do processo. Essa etapa é eficaz para remover a camada de cera na superfície das folhas de chá e permitir que a seiva da folha interaja com o ambiente externo (FARMER LEAF, 2021).

A ação de rolagem é a mais crítica no longo processo do chá oolong e é chamada de *shaqing*, que significa “matar a floração”. O rolagem rompe as paredes celulares e permite a comunicação entre diferentes substâncias químicas nas folhas como a clorofila, os polifenóis, os carboidratos e as enzimas.

Durante a rolagem, o sabor e outros atributos sensoriais do chá são determinados, por isso é fundamental acompanhamento criterioso dos mestres de chá, com monitoramento e avaliação constantes do seu trabalho manual ao longo deste processo de oxidação parcial. Finalizada essa etapa o chá oolong segue para a **secagem** final em baixa temperatura, ao redor de 40 °C, para reduzir a sua atividade de água e aumentar a sua vida útil (FARMER LEAF, 2021; NG et al., 2018; YI et al., 2015).



### **Facilitando o entendimento!**

Para acompanhar todas as etapas de produção do chá oolong, não deixe de conferir o vídeo intitulado: “*High mountain oolong tea processing explained*”, publicado em 2021 no Canal: “Farmer Leaf”. O vídeo foi produzido em inglês, com a possibilidade da utilização de legendas no mesmo idioma pelo YouTube. Os equipamentos e as etapas de produção são demonstrados de forma detalhada, possibilitando melhor compreensão das etapas de fabricação.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZyTYnm-khCQ>.



### **7.3.5 Chá Preto**

O chá preto é a classe de chá mais popular, correspondendo por cerca de 85% do consumo global de chá, seguido pelo chá verde com 20% e chá oolong com 2% (HUAN et al, 2019). Popularmente, pode ser consumido com açúcar, leite, bergamota, limão ou especiarias. É um chá totalmente oxidado com aparência escura, sabor forte, teor de cafeína geralmente elevado, mas inferior ao chá escuro em comparação com os outros tipos. Assim como mencionado em nota da Figura 50, é comum encontrar na literatura popular ou mesmo científica, a utilização do termo “fermentação” como sinônimo da “oxidação enzimática”, que é marcante neste tipo de chá, em especial, considerado completamente oxidado (BORTOLONI et al., 2021).

O processamento se inicia na colheita seletiva de brotos uniformes a fim de favorecer um murchamento homogêneo e a oxidação lenta e controlada. Embora os métodos de processamento variem de acordo com as regiões produtoras, sendo as etapas principais descritas da Figura 50.

Ao contrário do chá verde que é submetido à etapa de inativação enzimática, o que o torna a principal fonte de EGCG dentre os seis tipos de chá, no preto a oxidação enzimática é desejada e estimulada, reduzindo drasticamente os seus teores. Sendo assim, após a etapa de murchamento, as folhas são submetidas à etapa de enrolamento, onde inicia o processo de oxidação enzimática. A oxidação é favorecida pelas condições do enrolamento, como pressão, duração e movimentos. Além disso, um ambiente úmido e rico em oxigênio é necessário para favorecer a oxidação. Salas ou câmaras de oxidação

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

para produção do chá devem ter quinze a vinte trocas de ar umidificado por hora para garantir a oxidação completa (TANAKA et al., 2003; HUAN et al, 2019).

Durante a produção do chá preto as catequinas, compostos incolores e hidrossolúveis, são oxidadas e iniciam uma série de reações químicas que produzirão os compostos responsáveis pela cor e sabor característicos, as teaflavinas, teasinensinas e tearubiginas. Oxidações entre epicatequinas e epigalocatequinas produzem os polifenóis secundários chamados teaflavinas que conferem coloração vermelho-alaranja. As epigalocatequinas e as EGCG originam as tearubiginas, estruturas complexas com coloração marrom acobreado (HASHIMOTO et al., 1988; TANAKA; KOUNO, 2003; TAKEMOTO et al., 2018).

Durante a primeira e mais importante das oxidações enzimáticas, as folhas são trituradas para que as enzimas polifenoxidase e peroxidase, presentes nos cloroplastos das células, atuem sobre catequinas para produzir teaflavinas. As teaflavinas reagem com outros polifenóis para produzir tearrubiginas, os produtos químicos responsáveis por alterar a cor da folha de verde para dourado, acobreado ou marrom chocolate. Enquanto isso, as tearrubiginas também reagem com aminoácidos e açúcares da folha para criar componentes de sabor. Em geral, as teaflavinas contribuem para o sabor forte do chá preto, enquanto as tearrubiginas são as que fornecem o corpo e cor ao chá.

A troca de calor expulsa o dióxido de carbono da folha e, se a temperatura subir muito, a oxidação aumenta e pode-se perder o controle ou, se a temperatura diminuir muito, a oxidação reduzirá. O período de oxidação requer duas a quatro horas e é controlada pela experiência do mestre de chá, mais que pela ciência. Embora existam marcadores técnicos para determinar um final do processo, há tantas variáveis que o melhor método para acabar com a oxidação é o nariz e os olhos do especialista que monitora o processamento. O mestre de chá deve controlar a espessura e a inclinação da folha, o que determina a exposição da área da superfície ao ar com uma temperatura ambiente ideal de 29 °C e umidade relativa de 98% com ventilação contínua (STODT et al., 2014; TAKEMOTO et al, 2018).

Quando o mestre do chá determina que a folha está oxidado até o nível desejado, segue-se à **secagem**, uma etapa mais rápida, de quinze a vinte minutos, porém crítica do processamento do chá preto. Com o objetivo de interromper toda a atividade enzimática bioquímica, a oxidação, as folhas são expostas ao ar quente de 54 °C, reduzindo o teor de umidade de 60% para 3%. Nessa etapa do processamento, os açúcares residuais são caramelizados mudando a cor da folha de vermelho acobreado para marrom-preto. A secagem final pode ser feita em grandes panelas ou cestos sobre o fogo ou carvão mas,



praticamente todo o chá preto hoje é seco usando ar quente forçado mecanicamente. Após essa etapa, o chá preto é resfriado rapidamente para evitar o super aquecimento e a perda de sabor.

### 7.3.6 Chá Escuro

O chá escuro, também denominado de *Dark Tea*, chá vermelho, é um chá fermentado e pós-fermentado, uma vez que durante o seu beneficiamento ocorre fermentação por micro-organismos nativos da folha e do ambiente, que desempenham papel fundamental em sua fabricação. As folhas utilizadas são particularmente grandes, podendo ser oxidadas pelo cozimento (**fixação**) ou cruas (ao natural). Pu-erh é o chá mais famoso dos tipos de chá escuro e possui o nome em referência a cidade em que é produzido, no condado de Pu'er em Yunnan, na China. O chá escuro pode ser envelhecido de maneira acelerada por meio do cozimento ou de forma lenta e natural, podendo levar anos. Assim, esse tipo de chá pode ser classificado de forma semelhante aos vinhos, por seu ano de produção, sendo muito valorizados no mercado dos chás (HEISS, HEISS, 2007; ZHU et al., 2020). Pode ser vendido em folhas soltas ou compactado nos tradicionais bolos redondos conhecidos como *beng cha* bem como em outros formatos como cogumelos, esferas, cubos, pirâmides, moedas.

Pu-erh, conhecido em chinês antigo como “chá preto”, pois o método tradicional de classificação dos chás era pela coloração do líquido e não das folhas, é o chá que sofre o processo de fermentação microbiológica de forma mais pronunciada e evidente. Dependendo do tipo de chá escuro que está sendo fabricado, as folhas podem ou não passar pela etapa de oxidação, no entanto, sempre haverá atividade fermentativa proporcionada pelos micro-organismos naturalmente presentes nas folhas. Este processo é considerado como fermentação em estado sólido (ZHU et al., 2020).

Após as etapas iniciais, comuns aos demais chás, as folhas podem ser levemente secas ao ar por um breve período, podendo em seguida ser transferidas para equipamentos específicos, a fim de padronizar do teor de umidade, onde é realizada uma complementação da secagem de forma rápida, apenas para remover o excesso de umidade da superfície (etapa opcional e não mencionada na Figura 50). A realização desta etapa de forma inadequada pode comprometer o processo fermentativo, que necessita de parte do seu conteúdo de umidade das folhas, já que baixos valores de atividade de água inibem a sua ocorrência (DALA-PAULA, 2021).

As folhas são **fixadas** para interromper a oxidação enzimática, em seguida as folhas são misturadas regularmente a fim de aumentar a oxigenação entre elas e contribuir

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

com a **fermentação** em grandes pilhas, o que favorecendo o aquecimento necessário à atividade microbiana. Dessa forma, na porção externa da pilha há predomínio de fermentação aeróbica, favorecida pela maior disponibilidade de oxigênio, enquanto no núcleo da pilha há predomínio da fermentação anaeróbia, devido a privação do oxigênio e maior temperatura (TESHOME, 2019; LI et al., 2020).

Diferentes micro-organismos foram reconhecidos ao longo dos processos fermentativos de diferentes tipos de chá escuro sendo, o *Aspergillus niger*, o fungo de maior prevalência nos estilos comerciais Pu-erh. Em comparação aos fungos, a população bacteriana apresenta-se altamente diversificada nos chás escuros representada por proteobactérias incluindo: *pseudomonas*, *enterobacterias*, *acromobacteria*, *acinetobacteria*, *brevibacteria*, *bacillus subtilis*, *coagulans*, *licheniformes*, *pediococcus*, *erwinia*, *enterobacter* e *Klebsiella* seguida por *firmicutes*, *actinobacteria*, *cyanobacteria* e *Bacteroidetes* (YAO et al., 2013; ZHAO et al., 2015).

As alterações derivadas das mudanças dos constituintes químicos do chá escuro são associadas a diferentes reações como degradação, oxidação, condensação, modificação estrutural, metilação e glicosilação e relacionadas aos processos fermentativos (ZHU et al., 2020). Após a ocorrência da fermentação, as folhas passam pela **secagem** a fim de reduzir a atividade de água, inibindo a ocorrência da fermentação, ampliando a vida útil do chá e garantindo a segurança do consumidor.

O chá escuro apresenta aparência preto-acastanhado com infusão vermelha-alaranjada, um aroma envelhecido e fúngico e sabor suave e adocicado com baixos níveis de amargor e adstringência. A fermentação é considerada o principal fator responsável pela formação dos atributos sensoriais especiais (LI, et al., 2017; LI, et al., 2018).

### 7.3.7 Chá Perfumado

Os chás perfumados com flores são exclusividades dos chineses. Como a China é a origem histórica de muitas variedades de frutas distintas e flores aromáticas, os primeiros mestres de chá chineses experimentaram e depois se destacaram na produção de chás perfumados que tiveram boa aceitação em todo o mundo.

O chá de jasmim perfumado com flores de jasmim era especialmente apreciado pelos imperadores, então durante os reinados, continuando ainda hoje, o chá de jasmim foi oferecido como presente aos visitantes à China. A ampla exposição resultante ao novo sabor exótico combinada com o movimento de mercadorias igualmente misteriosas ao longo das primeiras rotas comerciais, foi diretamente responsável pela popularidade dos

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

chás perfumados chineses misturados com maestria e que se tornaram fontes de inspiração para diferentes chás perfumados.

Com o tempo, à medida que a popularidade do chá perfumado se espalhava pelo mundo, flores, especiarias, óleos e ervas começaram a ser usados para dar sabor a diferentes tipos de chá produzidos localmente (HEISS, HEISS, 2007). À medida que aromas mais diversos se tornaram disponíveis, a variedade de combinação usada com o chá ajudou a desenvolver o que hoje se considera os sabores exclusivos das cozinhas do mundo moderno. Como exemplo, tem-se a hortelã fresca adicionada ao chá verde no Marrocos, a adição de misturas regionalmente variadas de especiarias ao chá preto com leite para o chai da Índia ou a adição do óleo cítrico bergamota ao chá preto na Inglaterra, para criar o lendário chá *Earl Grey*. Estes ilustram o corpo da história do chá que é o chá aromatizado (chá perfumado), no entanto se refere à técnica praticada na origem da fabricação do chá, na qual flores de jasmim, botões de rosa silvestre, crisântemos ou variedades de frutas perfumadas, como lichia ou laranja, são adicionadas ao chá parcialmente finalizado. O chá é imbuído dos aromas dessas flores e outros ingredientes (HEISS, HEISS, 2007; ZHANG et al., 2022).

O processamento do chá de jasmim requer grande habilidade para se obter o nível adequado de aromatização. Os chás de jasmim se dividem em duas categorias: (i) chá de jasmim tradicional e premium e (ii) chá de jasmim de grau padrão. Para o processamento do chá de jasmim tradicional e premium, a preparação das folhas deve ser precisa em toda a produção. Não se enquadra em nenhuma das categorias de chá citadas anteriormente, portanto não é verde, branco, amarelo, oolong, preto ou escuro.

Os melhores chás de jasmim são feitos de folhas que foram estimuladas a oxidar um pouco, mas permanecem próximas ao chá verde. Este processamento inicial produz um chá base, chamado dhool. Esta categoria é usada apenas para designar o chá base que acaba sendo perfumado, tornando-se o tradicional chá de jasmim. O processo foi desenvolvido expressamente por duas razões: primeiro, fornecer ao chá a capacidade de absorver facilmente os aromas das flores de jasmim e, segundo, para que seu sabor particular contraponha a doçura do jasmim na xícara (CHEN et al., 2017).

As folhas do chá base são colhidas na primavera e as videiras de jasmim florescem no verão. Assim, há incompatibilidade no tempo entre as colheitas e o chá base é mantido armazenado antes da chegada das flores até o meio do verão, quando as variedades de jasmim usadas para aromatizar o chá florescem.

As folhas de chá são empilhadas com flores de jasmim frescas que misturadas promovem aumento da temperatura interna da pilha para 45 °C estimulando a abertura

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

das flores e a liberação de seus óleos essenciais que são absorvidos pelas folhas de chá. Como as folhas de chá absorvem rapidamente o perfume, fica a critério do mestre de chá o número de repetições e por quanto tempo as flores de jasmim serão adicionadas ao chá base (AN et al., 2022).

Quanto maior a pilha de chá base e jasmim, maior a temperatura interna, fato que deve ser avaliado continuamente para evitar a peroxidação dos óleos que altera o sabor do chá acabado, tornando-o amargo e rançoso. Após aproximadamente seis horas, as pilhas são espalhadas para respirar e retornam ao processo de aromatização por mais quatro horas em média. Com relação a altura da pilha de chá, o processo de aromatização moderno possui menor altura da pilha reduzindo a alta temperatura e prolongando o tempo de aromatização (ZHANG et al., 2022).

O primeiro período de aromatização é o mais importante, por isso são usadas grandes quantidades de flores, mas a quantidade é reduzida durante as aromatizações subsequentes. O nível de perfume absorvido das flores é monitorado cuidadosamente e a cada período de aromatização, as flores gastas são removidas por peneiras e flores frescas são adicionadas.

O chá precisa de tempo para descansar entre as aromatizações podendo durar até um mês para finalização do lote. Após finalizado o processo pelo mestre do chá, todas as flores utilizadas são removidas por ventiladores de alta potência que as espalham. Após a fase de aromatização, o chá é finalizado e se torna estável na prateleira, o perfume foi absorvido pela folha, esperando para ser liberado quando preparado (CHEN et al., 2017; ZHANG et al., 2022).

O chá de jasmim padrão, feito para consumo em grandes volumes, sendo popular no norte da China, utiliza o mesmo processamento anterior, porém as folhas são provenientes da colheita de verão, menos refinadas. Além disso a aromatização é feita por menor tempo e número de repetições. Há também a combinação de chá verde ou oolong processado com flores de jasmim ou chá verde, branco ou oolong pulverizado com extrato de jasmim podendo incluir outras essências florais ou aromatizantes artificiais. Esses chás são popularmente conhecidos como chá verde de jasmim, não sendo a folha base exclusiva do processamento tradicional devendo-se chamar chá verde sabor jasmim ou qualquer essência utilizada natural ou artificialmente.

Para conhecer e valorizar a tradição de chá com uma profunda história deve-se buscar o chá de jasmim tradicional.

### 7.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CHÁS

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

A variedade de chás disponíveis é imensa e todos os chás verdadeiramente finos têm em comum a colheita de duas folhas mais aromáticas, jovens e superiores e o botão de folha fechado.

Os polifenóis do chá são conhecidos por contribuir para sua cor e o sabor com exceção do matcha, onde a clorofila desempenha papel importante para a cor verde brilhante. A composição de polifenóis do chá verde é semelhante a das folhas frescas, porque o cozimento a vapor ou a torrefação nos estágios iniciais da produção do chá verde inativa as enzimas que envolvem a oxidação dos constituintes químicos das folhas. As catequinas são os principais compostos do chá verde, sendo responsáveis por sua cor e sabor característicos. Em contraste, as tearubiginas e teaflavinas no chá preto, são os produtos resultantes da oxidação e contribuem para a cor e o sabor dos chás pretos (HUANG et al., 2004; ISHII et al., 2008; TAKEMOTO et al., 2018; UNNO et al., 2021).

O chá oolong possui as características intermediárias do chá verde e do chá preto. A atividade da polifenoloxidase e o conteúdo de polifenóis nas folhas jovens de chá são dependentes das variedades cultivadas. Neste sentido, a composição das folhas de chá depende de vários fatores, como clima, estação do ano, práticas adotadas e o tipo de variedade e idade da planta do chá (FANARO et al., 2012).

Em geral, os principais ingredientes encontrados no chá verde são polifenóis (24 a 36%), proteínas (15%), lignina (7%), aminoácidos (3 a 4%), cafeína (2 a 4%), ácidos orgânicos (2%) e clorofila (0,5%). O chá verde contém uma mistura de compostos polifenólicos que geralmente incluem flavanóis, flavandióis, flavonoides e ácidos fenólicos, principalmente quercetina, kaempferol, miricetina e seus glicosídeos, sendo responsáveis por quase 42% do peso seco das folhas de chá verde (PRASANTH et al., 2019).

Os flavanóis são os mais abundantes dos polifenóis nos chás verdes e são conhecidos como catequinas do chá verde. As principais catequinas conhecidas no chá verde são epicatequina, epicatequina-3-galato, epigalocatequina e EGCG. Dos polifenóis, epigalocatequina e EGCG são os compostos antioxidantes mais potentes (OHE et al., 2001; TRUONG; WOO-SIK, 2021) e estima-se que uma xícara de chá verde apresente cerca de 30 mg de EGCG (KHOKHAR et al., 2002). As catequinas são sintetizadas nas folhas de chá através do metabolismo do ácido malônico e do ácido chiquímico, em que o ácido gálico é derivado de um produto intermediário produzido na via metabólica do ácido chiquímico (Graham, 1992).

Nos chás pretos, os principais polifenóis são a teaflavina, ácidos teaflavínicos, polímeros pró-antocianidinas e tearubiginas ou teasinensinas, que são os produtos da oxidação das catequinas e complexos de ácido gálico (GARDNER et al., 2007). Os chás

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

pretos também contêm cafeína, metilxantinas e uma pequena fração de teofilina e teobromina. As teaflavinas são responsáveis por conferir adstringência e brilho ao chá preto, enquanto as tearubiginas contribuem para a sua cor e sensação de peso na boca (TAKEMOTO et al, 2018).

O chá escuro, produzido por fermentação microbiana tem a concentração de catequinas significativamente menor que o chá verde e substâncias poliméricas como as tearubiginas são produzidas a partir da oxidação e fermentação. Este tipo de chá possui destaque no elevado conteúdo de ácido gálico, seguido do chá preto em relação aos demais (BORTOLONI et al., 2021).

O chá contém vários aminoácidos, sendo a teanina o aminoácido mais abundante representando quase 50% do conteúdo total de aminoácidos no chá. Além de polifenóis e aminoácidos, os chás também contêm nível significativo de carboidratos e vitaminas A, E e K, incluindo, em menor concentração, vitaminas do complexo B (B1 , B2 e niacina). A vitamina C está presente apenas nos chás verdes, pois é prontamente decomposta durante o processo de oxidação associado à fabricação de chá oolong, preto e escuro. Os chás também apresentam teores apropriados de minerais como manganês, potássio e um baixo nível de íons flúor (CHI et al., 2009; JUNEJA et al, 2013).

### 7.4.1 Antioxidantes dos chás

A ciência ocidental está descobrindo o que os consumidores de chá do oriente acreditam há séculos; que o chá é benéfico para manter a saúde e o vigor. As primeiras referências associavam o consumo de chás pelos monges e eruditos, para auxílio na concentração e disposição, necessárias para os longos períodos de meditações. As culturas asiáticas acreditam na causa e efeito benéficos dos alimentos para a saúde humana e, com efeito, o que se come reflete em como se sente. Mas, à medida que há maior sintonia aos hábitos alimentares saudáveis e procura por alimentos benéficos para uma adequada nutrição, o chá tem sido citado por meios científicos e populares, juntando-se à lista de importantes alimentos como os vegetais de folhas verdes, frutas, grãos integrais, azeites entre outros relacionados com a dieta do mediterrâneo.

Há uma grande busca científica sobre os diferentes tipos de chás para entender os potenciais benefícios à saúde de seus compostos antioxidantes. Embora cada classe de chá ofereça diferentes antioxidantes, todos os tipos de chás (derivados da *Camellia sinensis*) são benéficos à saúde (HEISS; HEISS, 2007; EK et al., 2017; TRUONG; WOO-SIK, 2021).

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

As células vegetais sintetizam compostos polifenólicos como mecanismo de defesa em resposta aos estressores ambientais, como a invasão microbiana. Espera-se que os polifenóis exibam efeitos protetores semelhantes no corpo humano após o consumo de chás contendo esses compostos. Os polifenóis do chá são reconhecidos como fortes antioxidantes que atuam por meio de vários mecanismos, como neutralização de radicais, quelação de metais de transição, inibição de enzimas pró-oxidativas e indução de enzimas antioxidantes intracelulares (YAN et al., 2020). O chá verde tem maior capacidade antioxidante do que o chá oolong e o chá preto, e o potencial antioxidante total está fortemente relacionado ao conteúdo de catequinas do chá. O número e as posições das unidades fenólicas conferem-lhes propriedades físico-químicas específicas. Além disso, a natureza dos compostos gerados, o grau de polimerização e a extensão da glicosilação afetam a atividade antioxidante dos polifenóis do chá (TRUONG; WOO-SIK, 2021).

A bebida do chá é uma extração dos alcaloides, metilxantina (cafeína, teobromina e teofilina), polifenóis, de antioxidantes derivados das catequinas e teanina, um aminoácido que atua como o neurotransmissor responsável pela sensação de bem estar e relaxamento, apesar da cafeína presente, com ação estimulante (UNNO et al., 2021).

No Japão, o chá Gyokuro é feito de folhas colhidas de arbustos de chá sombreados que interrompe a atividade normal das folhas e estimula uma produção abundante de teanina. O chá contém taninos membros complexos do grupo de flavonoides que dão ao chá sua adstringência característica. Embora os botões e folhas de chá fresco sejam compostos de 75 a 80% de água, os componentes polifenólicos do chá residem nos 20 a 25% restantes de matéria sólida, e essa porcentagem é diferente entre os tipos de chá (UNNO et al., 2021; KRAHE; KRAHE, 2022).

O organismo humano responde aos efeitos negativos dos radicais livres utilizando moléculas antioxidantes ou complexos enzimáticos presentes em nossos sistemas para neutralizá-los. Os depósitos antioxidantes para uma boa saúde e vida longa, podem ser alcançados adicionando às dietas algumas xícaras de chá por dia, no entanto, ainda não está bem estabelecido na literatura científica os teores necessários, assim como a concreta ação na longevidade humana. Os flavonoides no chá, compostos mais abundantes e o seu subgrupo flavanol, representado pelas catequinas são considerados os principais antioxidantes da bebida. O fato de o chá verde e branco sofrerem menos alterações internas sugere maior conteúdo de catequinas intactas. (EK et al., 2017; YAN et al., 2020; TRUONG; WOO-SIK, 2021).

Apesar da recente atenção dada à natureza saudável do chá verde e branco, todas as classes de chá contêm polifenóis, a exemplo das já mencionadas teaflavinas e

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

tearubiginas dos chás oxidados. O método e as condições de fabricação do chá oxidado afetam as proporções dos antioxidantes teaflavinas para as tearubiginas presentes no chá e, portanto, o sabor e a adstringência correspondentes encontrados na xícara. Quanto mais tempo o chá é oxidado e quanto mais escuro, maior o teor de tearubiginas. O chá branco está mais alinhado com o chá verde, embora alguns estilos de folhas de chá branco sofram uma leve oxidação e o chá pu-erh segue mais de perto o chá preto. O chá oolong, um chá semioxidado, contém as proporções antioxidantes inversas do chá preto com uma concentração mais alta de teaflavinas e concentração mais baixa de tearubiginas. Mas, de fato, alguns pesquisadores acreditam que benefícios adicionais são oferecidos durante a oxidação do chá preto bem como ao longo do processo fermentativo do chá escuro resultando na formação de compostos antioxidantes que são mais disponíveis e efetivos na prevenção de doenças do que aqueles presentes no chá verde (ZHU et al., 2015; ZHU et al., 2020).

A fermentação microbiana do chá escuro é a chave para a formação de compostos especiais para a saúde pois está relacionado a uma série de reações sobre os constituintes químicos de suas folhas. O processo de bioconversão microbiana dos componentes químicos do chá escuro atua por meio das enzimas microbianas extracelulares que hidrolizam as catequinas liberando compostos menores como degaloil catequina e ácido gálico. Esse fato explica o aumento dos níveis de ácido gálico nos estágios iniciais da fermentação, bem como diversos outros ácidos fenólicos simples como ácido 2,5-diidroxibenzoico, floroglucinol, pirogalol, galicina, ácido salicílico, ácido 3,4-diidroxibenzóico, ácido protocatecuico e 2,3,4- ácido trihidroxibenzóico (BORTOLONI et al., 2021; ZHU et al., 2015).

É interessante notar que esses ácidos fenólicos também podem ser formados durante a degradação das catequinas após a bioconversão pelo microbioma intestinal que possui grande diversidade de micro-organismos. As catequinas do chá entram no cólon na sua forma original e são modificadas por diferentes reações que incluem hidrólise, clivagem, redução, descarboxilação, isomerização e desidroxilação catalizadas por múltiplas enzimas microbianas. Os produtos finais das transformações conduzidas pelo microbioma intestinal são ácidos fenólicos simples, semelhantes aos produzidos pela fermentação do chá escuro que podem ser facilmente absorvidos pela mucosa intestinal. Assim, a fermentação microbiana do chá escuro é semelhante a bioconversão realizadas pelo microbioma intestinal a fim de formar compostos menores e mais facilmente absorvíveis (XIANG et al., 2018).

As catequinas do chá são pobremente absorvidas no intestino delgado com biodisponibilidade aproximada de 0,1-0,32% para EGCG, 13,7% para epigallocatequina,



## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

31,2% para epicatequina e 8-17% para as catequinas do chá verde após administração oral, corroborando com a baixa biodisponibilidade dos polifenóis da dieta em geral, por volta de 5 a 10%. Neste sentido, como a biodisponibilidade é o elo que liga os polifenóis aos benefícios para a saúde, os metabólitos formados pela fermentação do chá escuro bem como pelo microbioma intestinal, ao invés dos polifenóis originais de maior peso molecular, são os responsáveis pelos efeitos à saúde associados ao consumo de chá (LIU et al., 2018).

### 7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão da tecnologia envolvida com a fabricação dos diferentes tipos de chás é necessária a fim de oferecer um produto de qualidade, preservando e otimizando suas características sensoriais e funcionais. Considerando o elevado consumo de chá pela população mundial, esta bebida pode ser considerada um importante item para compor uma dieta saudável. O conhecimento de cada etapa do beneficiamento da planta chá proporciona autonomia ao produtor para otimizar a qualidade de seus chás, em consonância com as boas práticas de fabricação.

A *Camellia sinensis* é uma planta amplamente pesquisada em todo o mundo, considerando sua importância econômica e no consumo global. No entanto, existem inúmeras outras espécies de plantas utilizadas no preparo de infusões, em especial no Brasil, por comunidades tradicionais, com potencial efeito farmacológico, evidenciados pela etnofarmacologia, e que ainda não foram pesquisadas.

Visando o incentivo ao consumo de alimentos e bebidas locais, em conformidade com os preceitos para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas acerca da tecnologia do preparo de infusões de plantas medicinais locais, assim como o estudo de seus efeitos farmacológicos.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Longevidade (PPGNL) e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG), ambos da UNIFAL-MG, além da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e Fundação Cargill® pelos recursos destinados à pesquisa e bolsa de pós-graduação (nível mestrado).

### REFERÊNCIAS

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

ALCAZAR, A.; BALLESTEROS, O.; JURADO, J. M.; PABLOS, F.; MARTIN, M. J.; VILCHES, J. L.; NAVALON, A. Differentiation of green, white, black, oolong, and pu-erh teas according to their free amino acids content. **J. Agric. Food Chem.** v.55, pp. 5960–65, 2007.

AN, H.; OU, X.; ZHANG, Y.; LI, S.; XIONG, Y.; LI, Q.; HUANG, J.; LIU, Z. Study on the key volatile compounds and aroma quality of jasmine tea with different scenting technology. **Food Chem.** v. 385, pp.132718, 2022.

CHEN, M.; ZHU, Y.; LIU, B.; CHEN, Z.; ZHENG, J.; GUAN, M.; SHI, H.; WANG, Y.; YANG, W. Changes in the volatiles, chemical components, and antioxidant activities of Chinese jasmine tea during the scenting processes. **Int. J. Food Prop.** v. 20, pp. 681–693, 2017.

CHEN, Y. L.; DUAN, J.; JIANG, Y. M.; SHI, J.; PENG, L.; XUE, S.; KAKUDA, Y. Production, quality, and biological effects of oolong tea (*Camellia sinensis*). **Food Reviews International**, v. 27, n. 1, pp.1-15, 2010.

DIAS, T. R. et al. White Tea (*Camellia sinensis* (L.)): antioxidant properties and beneficial health effects. **International Journal of Food Science and Nutritional Diet**, v. 2, n. 2, p. 19-26, 2013.

EK, W. E.; TOBI, E. W.; AHSAN, M.; LAMPA, E.; PONZI, E.; KYRTOPOULOS, S.A.; GEORGIADIS, P.; LUMEY, L.H.; HEIJMANS, B.T.; BOTSIVALI, M.; BERGDAHL, I.A.; KARLSSON, T.; RASK-ANDERSEN, M.; PALLI, D.; INGELSSON, E.; HEDMAN, ÅK.; NILSSON, L. M.; VINEIS, P.; LIND, L.; FLANAGAN, J. M.; JOHANSSON, Å. Epigenome-Wide Association Study Consortium. Tea and coffee consumption in relation to DNA methylation in four European cohorts. **Human Molecular Genetics.** v. 15, n. 26, pp. 3221-3231, 2017.

FANARO, G. B.; DUARTE, R. C.; SANTILLO, A. G.; SILVA, M. P.; PURGATTO, E.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Evaluation of  $\gamma$ -radiation on oolong tea odor volatiles. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 81, n. 8, pp. 1152-1156, 2012.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **International Intergovernmental Group on Tea**. Twenty-third session. Fostering Sustainability in tea production and trade: Assessing the impact of certification schemes on farm income, Inclusive rural development and market access. Hangzhou, the People's Republic of China, 17-20 May. 2018.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura International. **Tea Day, from field to cup**. 23 May 2022.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura International. **International tea market**: market situation, prospects and emerging issues, 2022b.

FARMER LEAF, High Mountain oolong tea processing explained, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZyTYnm-khCQ>. Acesso em: 27 maio 2022.

GARDNER, E.J.; RUXTON C.H.; LEEDS A.R. Black tea--helpful or harmful? A review of the evidence. **European Journal of Clinical Nutrition.** v. 61, n. 1, p. 3-18, 2007.

GRACINDO, I. Viagem ao mundo do chá. 1ed. Rio de Janeiro, **Casa da Palavra**, 2013.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

HASIMOTO, M. The origin of the tea plant. In: **Proceedings of 2001 International Conference on O-cha (tea) Culture and Science**. Session II. p. j5-j7. Faculty of Agriculture, Shizuoka, Japan, 2001.

HEISS, M. L.; HEISS, R. The story of tea. A cultural history and drinking guide. **Ten Speed Press**, 2007.

HUA Z.; RUILI, Q.; YOSHINORI, M. The impact of oolong and black tea polyphenols on human health, **Food Bioscience**. v. 29, pp. 55-61, 2019.

HUANG, S.; INOUE, K.; LI, Y.; TANAKA, T.; ISHIMARU, K. Analysis of catechins in autoclaved tea leaves and drinks. **J Food Chem**, v. 11, pp. 99–102, 2004.

ISHII, T.; MORI, T.; TANAKA, T.; MIZUNO, D.; YAMAJI, R.; KUMAZAWA, S.; NAKAYAMA, T.; AKAGAWA, M. Covalent modification of proteins by green tea polyphenol (–)-epigallocatechin-3-gallate through autoxidation. **Free Radic BioMed**, v. 45, pp. 1384–1394, 2008.

JUNEJA, L. R.; MAHENDRA, P. K.; TSUTOMU, O. RAO, T. P. **Green tea polyphenols**. Nutraceuticals of modern life. Taylor & Francis Group, 2013.

KHAN, N.; MUKHTAR, H. Cancer and metastasis: Prevention and treatment by green tea. **Cancer Metastasis Rev**, v. 29, pp. 435–445, 2010.

KHOKHAR, S., MAGNUSDOTTIR, S.G. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, pp.565–570, 2002.

KRAHE, J.; KRAHE, M. A. Optimizing the Quality and Commercial Value of Gyokuro-Styled Green Tea Grown in Australia. **Beverages**.; v. 8, n. 2, pp. 1-22, 2022.

LI, Q.; YONG, L.; YU, L.; LIZHENG, X.; KUNBO, W.; JIANAN, H.; ZHONGHUA, Liu. Characterization of the key aroma compounds and microorganisms during the manufacturing process of Fu brick tea, **LWT - Food Science and Technology**, v.127, 109355, 2020.

LI, Q.; CHAI, S.; LI, Y. D.; HUANG, J. A.; LUO, Y.; XIAO, L. Z. et al. Biochemical components associated with microbial community shift during the pile-fermentation of primary dark tea. **Frontiers in Microbiology**. v. 9, 2018.

LI, Y. D.; LIU, Z. H.; HUANG, J. A.; ZHANG, Y. Y.; LIN, H. Y.; LI, Q. Quality changes of Fuzhuan tea during processing period based on principal component and cluster analysis. **Science & Technology of Food Industry**, v. 38, n. 17, pp. 1–4, 2017.

LIN, J. K.; LIN, C. L.; LIANG, Y. C.; LIN-SHIAU, S. Y.; JUAN, I. M. Survey of catechins, gallic acid and methylxanthine in green, oolong, black and pu-erh teas. **J. Agric. Food Chem**. v. 46, pp.3635–42, 1998.

LIN, Y. S.; TSAI, J. Y.; TSAY, J. S.; LIN, J. K. Factors affecting the levels of tea polyphenols and caffeine in tea leaves. **J Agric Food Chem**. v. 51, pp.1864–1873, 2003.

LIU, Z. B.; BRUINS, M. E.; NI, L.; VINCKEN, J. P. Green and Black tea phenolics: Bioavailability, transformation by colonic microbiota, and modulation of colonic microbiota. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 32, pp. 8469–8477, 2018.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

MOGALE, D. G.; KUMAR, S. K.; TIWARI, M. K. Green food supply chain design considering risk and post-harvest losses: a case study. **Annals of Operations Research**. v. 295, pp. 257–284, 2020.

MIYAZAKI, S. F. Utilização do chá verde em cosméticos. *Cadernos de Prospecção*, v.1, n. 1, op. 10-13, 2008.

MWANGI, G. M. et al. “A planetary boundaries perspective on the sustainability: resilience relationship in the Kenyan tea supply chain.” **Annals of operations research**, pp. 1-35. 18 May. 2021.

NG, K.-W.; CAO, Z. J.; CHEN, H. B.; ZHAO, Z. Z.; ZHU, L.; YI, T. Oolong tea: A critical review of processing methods, chemical composition, health effects, and risk. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 58, n. 17, pp. 2957-2980, 2018.

OHE, T.; MARUTANI, K.; NAKASE, S. Catechins are not major components responsible for anti-genotoxic effects of tea extracts against nitroarenes. **Mut Res**, v. 496, pp. 75–81, 2001.

PAGANINI-COSTA, P.; CARVALHODA-SILVA, D. Uma Xícara (chá) de Química. **Revista Virtual Química**, v.3, n.1, p.27-36, 2011.

PHUOC, H. P.; HUYNH, T. T., LE, T. T. Research on microwave treatment for fixation of polyphenol oxidase in processing oolong tea in Vietnam. **Southeast Asian Journal of Sciences**. v. 8, n. 2, 2020.

PRASANTH, M. I. et al. “A Review of the Role of Green Tea (*Camellia sinensis*) in Antiphotaging, Stress Resistance, Neuroprotection, and Autophagy.” **Nutrients** v. 11, n.2, p. 474, 2019.

SACRAMENTO, F.L.do. Memória econômica sobre a plantação, cultura e preparação do chá. Reedição: 1908, Rio de Janeiro: **Typ. Revista dos Tribunaes**, reproduzido por HAYASHI, Y. 1825, 47p. Disponível em: [https://escoladecha.com.br/wp-content/uploads/2019/10/FreiLeandro\\_MemoriaCha.pdf](https://escoladecha.com.br/wp-content/uploads/2019/10/FreiLeandro_MemoriaCha.pdf). Acesso em: 22 maio 2022.

SATO, D.; IKEDA, N.; KINOSHITA, T. Home-processing black and green tea (*Camellia sinensis*). **Food Safety and Technology**, FST-26, pp.1-2, 2007.

SHUAI, M.; CHUANYI, P.; HUILIANG, N.; DONGLIANG, S.; RUYAN, H.; HUIMEI, C. Recent techniques for the authentication of the geographical origin of tea leaves from *camellia sinensis*: A review. **Food Chemistry**, v. 374, n. 131713, 2022

SILVA, R. M. E. **O Chá Em Portugal: História e Hábitos de Consumo**. Dissertação de Mestrado em Estudos Interculturais Português/Chinês: Tradução, Formação e Comunicação Empresarial. Instituto de Letras e Ciências Humanas, Universidade do Minho, 2014.

STODT, U. W.; BLAETH, N.; NIEMANN, S.; STARK, J.; PAWAR, V.; JAYARAMAN, S.; KOEK, J.; ENGELHARFT, U.H. Investigation of processes in black tea manufacture through model fermentation (oxidation) experiments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 62, n. 31, pp.7854-61, 2014.

TAKEMOTO, Masumi, and HIROAKI Takemoto. “Synthesis of Theaflavins and Their Functions.” **Molecules (Basel, Switzerland)** v. 23, n. 4, p 918, 2018.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

**Autores:** KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

TANAKA, T.; KOUNO, I. Oxidation of tea catechins: Chemical structures and reaction mechanism. **Food Sci Technol Res**, v. 9, pp. 128–133, 2003.

TANAKA, T.; MATSUO, Y.; KOUNO, I. A novel black tea pigment and two new oxidation products of epigallocatechin-3-O-gallate. **J Agric Food Chem**, v. 53, pp. 7571–7578, 2005.

TANAKA, T.; WATARUMI, S.; MATSUO, Y.; KAMEI, M.; KOUNO, I. Production of theasinensins A and D, epigallocatechin gallate dimers of black tea, by oxidation-reduction dismutation of dehydrotheasinensin A. **Tetrahedron**, v. 59, pp. 7939–7947, 2003.

TESHOME K. Effect of tea processing methods on biochemical composition and sensory quality of black tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze): A review. **Journal of Horticulture and Forestry**. v. 11, n. 6, pp. 84-95, 2019.

TRUONG, V.-L.; WOO-SIK, J. Cellular Defensive Mechanisms of Tea Polyphenols: Structure-Activity Relationship. **International journal of molecular sciences**, v. 22, n. 17, p. 9109. 2021.

UNNO, K.; YORIYUKI, N. Green Tea Suppresses Brain Aging. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 26, n.16, p.4897, 2021.

WANG, Z.; YUE, C.; TONG, H. Analysis of taste characteristics and identification of key chemical components of fifteen Chinese yellow tea samples. **Journal of Food Science & Technology**. 2020.

WANG, Y. et al. Impact of six typical processing methods on the chemical composition of tea leaves using a single *Camellia sinensis* Cultivar, Longjing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, pp. 5423-5436, 2019.

WEI Y.; FANG, S.; JIN, G.; NI, T.; HOU, Z.; LI, T.; DENG, W. W.; NING, J. Effects of two yellowing process on colour, taste and nonvolatile compounds of bud yellow tea. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 8, pp. 2931-2941, 2020.

WEI, Y.; TIEHAN, L.; SHANSHAN, X.; TIANCHENG, N.; WEI-WEI, D.; JINGMING, N. The profile of dynamic changes in yellow tea quality and chemical composition during yellowing process, **LWT - Food Science and Technology**, v. 139, 2021.

WEI, Y.; YIN, X.; WU, H.; ZHAO, M.; HUANG, J.; ZHANG, J.; LI, T.; NING, J. Improving the flavor of summer green tea (*Camellia sinensis* L.) using the yellowing process. **Food Chemistry**, v. 388, n. 132982, 2022.

WU, C.; XU, H.; HERITIER, J.; ANDLAUER, W. Determination of catechins and flavonol glycosides in Chinese tea varieties. **Food Chemistry**, v. 132, pp. 144-149, 2012.

XIANG, L.; LIU, Y. Q.; LAI, X. F.; LI, Q. H.; SUN, L. L.; CHEN, W. P. et al. Biochemical component analysis and antioxidant activities of different kinds of aged tea. **Modern Food Science and Technology**, v. 34, n. 4, pp. 56–62, 2018.

XU, J.; WANG, M.; ZHAO, J.; WANG, Y.H.; TANG, Q.; KHAN, I.A. Yellow tea (*Camellia sinensis* L.), a promising Chinese tea: Processing, chemical constituents and health benefits. **Food Research International**. May, v. 107, p. 567-57, 2018.

## Cap. 7 – TECNOLOGIA DE CHÁS

Autores: KAMILA LEITE RODRIGUES & BRUNO MARTINS DALA-PAULA

YAN, Z. et al. Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. **Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)** v. 6, n. 2, pp. 115-123, 2020.

YAO, J.; CHEN, D.; ZHENG, X. Y.; WANG, Y. Isolation and molecular identification of the bacterial colonization during the pile fermentation process of Pu-erh tea. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, v. 41, n. 6, p. 2667–2668, 2013.

YI, T.; ZHU, L.; PENG, W. L.; HE, X. C.; CHEN, H. L.; LI, J.; YU, T.; LIANG, Z.T.; ZHAO, Z.Z.; CHEN, H. B. Comparison of ten major constituents in seven types of processed tea using HPLC-DAD-MS followed by principal component and hierarchical cluster analysis. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, pp. 194-201, 2015.

ZHANG, Y. et al. “Analysis of Volatile Components of Jasmine and Jasmine Tea during Scenting Process.” **Molecules** (Basel, Switzerland) v. 27, n. 2, pp. 479, 2022.

ZHAO, M.; ZHANG, D. L.; SU, X. Q.; DUAN, S. M.; WAN, J. Q.; YUAN, W. X. et al. An integrated metagenomics/metaproteomics investigation of the microbial communities and enzymes in solid-state fermentation of Pu-erh tea. **Scientific Reports**, v. 5, 2015.

ZHU, M. et al. Microbial bioconversion of the chemical components in dark tea. **Food Chemistry**, v. 312, p. 126043, 2020.

ZHU, Y. F.; CHEN, J. J.; JI, X. M.; HU, X.; LING, T. J.; ZHANG, Z. Z. et al. Changes of major tea polyphenols and production of four new B-ring fission metabolites of catechins from post-fermented Jing-Wei Fu brick tea. **Food Chemistry**. v. 170, pp. 110–117, 2015.

## Sobre os autores

---

### **Bruno Martins Dala Paula**



Nutricionista (UFMG), especialista em Ciência de Alimentos com foco em Tecnologia de Frutas e Hortaliças (UFPEL), em Gestão e Avaliação de Projetos Sociais (UFMG), mestre e doutor em Ciência de Alimentos (UFMG), com período de doutoramento sanduiche no USDA-ARS em Fort Pierce, Fl. Atualmente é docente da UNIFAL-MG, membro permanente dos Programas de Pós-Graduação em Nutrição e Longevidade (UNIFAL-MG), em Ciência e Tecnologia de Alimentos (IFSULDEMINAS) e (lato sensu) em Tecnologia e Qualidade na Produção de Alimentos (UNIFAL-MG).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5246931390431639>

### **Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici**



Farmacêutica Bioquímica (UFOP), mestra em Ciências dos Alimentos (UFLA) e doutora em Engenharia de Alimentos (UNICAMP). Atualmente é professora Livre-Docente, MS 5.1 da Universidade Estadual de Campinas, na Faculdade de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição. Possui colaboração com diversos grupos de pesquisa do Brasil, UFAM-AM, UFVJM-MG, UNIFAL-MG, UFGP-PR, UFPA-PA, ITAL-SP e exterior.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8363684620958082>

### **Leonora Mansur Mattos**



Química (UFMG), mestra em Ciência de Alimentos - Química de Alimentos (UFMG), doutora em Ciência dos Alimentos – Fisiologia Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (UFLA). Atualmente é pesquisadora da Embrapa, no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças e está cedida ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8209219651894646>

### **Bianca Sarzi de Souza**

Engenheira Agrônoma (FCA/UNESP) com formação pedagógica em Biologia (UNIFRAN), mestre e doutora em Produção Vegetal (FCAV/UNESP), com período sanduiche no Department of Primary Industries and Fishery (DPI&F), Gatton Research Station, Qld, Austrália e pós-doutorado na University of Queensland, Center for Nutrition and Food Science, Qld, Austrália. Atualmente professora do IFSULDEMINAS-Campus Muzambinho e docente permanente do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFSULDEMINAS.



Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6984458489955956>

### **Brígida Monteiro Vilas Boas**



Engenheira Agrônoma (UFLA), mestre e doutora em Ciência dos Alimentos (UFLA) e pós-doutora (UFLA). Atualmente é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - *Campus* Machado. Atua como docente permanente no Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFSULDEMINAS.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0861881721818135>

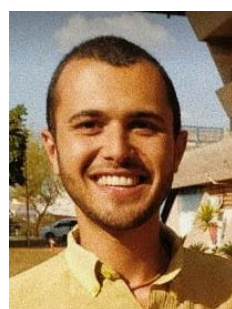
### **Elizabeth Harumi Nabeshima**



Farmacêutica Bioquímica e mestre em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) e doutorado em Tecnologia de Alimentos pela (FEA/UNICAMP-SP). Pesquisadora Científica nível VI do Centro de Pesquisa de Chocolates, Balas, Confeitos e Panificação (Cereal Chocotec), do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) desde 2008, e do Centro de Inovação em Proteína Vegetal (Pro-Veg/ITAL) desde sua criação (2019).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2458889136584021>

### **Gustavo Costa do Nascimento**



Graduado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-SP). Atualmente é mestrando em Tecnologia de Alimentos (Departamento de Ciência dos Alimentos e Nutrição (DECAN, UNICAMP-SP), na linha de pesquisa de cereais, raízes e tubérculos, com trabalhos em tecnologia social, secagem solar, farinhas de tubérculos e extrusão termoplástica.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8887968887726789>

### **Bruna Lago Tagliapietra**



Possui graduação em Nutrição pela Universidade Franciscana (UFN) e Tecnologia em Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atualmente é doutoranda em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-SP), na linha de pesquisa cereais, raízes e tubérculos.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8828167513794216>

### **Elisa Cristina Andrade Neves**



Engenheira Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU-MG), mestre em Engenharia de Alimentos pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP-SP) e doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-SP). Atuando como Professora Doutora Associado 1 da Faculdade de Engenharia de Alimentos-Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5061386686742363>



### **Maria Cristina Ferrari**



Doutoranda (UNICAMP-SP) e mestre em Engenharia de Alimentos (UNICAMP-SP), especialista em Administração Industrial (USP) e Química (UNICAMP-SP). Carreira de mais de 25 anos desenvolvida em empresas nacionais e multinacionais do segmento alimentício, químico e farmacêutico, atuação em nível de Consultoria, Perícia e Gestão das áreas de P&D, Qualidade e Assuntos Regulatórios.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7234629193747178>

### **Tháisa de Menezes Alves Moro**



Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UNIRIO) e doutorado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-SP). Atualmente é professora da Universidade Santa Úrsula (USU) do curso de graduação em nutrição.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6445563383057197>

### **Bruna Guedes de Melo**



Técnica em Alimentos e Engenharia de Alimentos (IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes). Realização de graduação sanduíche na Universidad Autónoma de Yucatán em Mérida/México. Atualmente é mestranda em Tecnologia de Alimentos na área de Cereais, Raízes e Tubérculos pela (UNICAMP-SP), atuando em farinhas não convencionais para biscoitos sem glúten, matérias-primas regionais e extrusão termoplástica.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9884134174453861>

### **Natali Alcântara Brandão**



Engenheira de Alimentos (IFSULDEMINAS), durante a graduação realizou intercâmbio na Universidade Autónoma de Yucatán localizada em Mérida, México. Atualmente é mestranda no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP-SP), tendo como foco de estudo os tubérculos não convencionais.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7771166162072016>

### **Michele Scarton**



Possui graduação em Ciências dos Alimentos (USP). Técnica em Bioquímica (CEETEPS). Mestre em Tecnologia de Alimentos (UNICAMP-SP). Atualmente é doutoranda em Tecnologia de Alimentos (UNICAMP-SP). Atua como Instrutora de Formação III na escola SENAI “Euryclides de Jesus Zerbini”, em Campinas (SP), ministrando aulas a estudantes do curso técnico de alimentos, e prestando atendimento também a indústrias alimentícias em cursos diversos.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7498130531582789>

### **Pedro Henrique Campelo Felix**



Engenheiro de alimentos (UNIBH), mestre em Engenharia Química (UFMG) e doutor em Ciência de Alimentos (UFLA). Professor adjunto da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8873722325616141>

### **Janaína Guernica Silva**



Bióloga, mestre em Ciência de Alimentos (FAFAR/UFMG), doutora em Fisiologia Vegetal (ICB/UFMG). Foi docente do Curso de Engenharia de Alimentos do UniBH e atualmente leciona no Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), *campus* do Pantanal. É colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (UFMS), em Campo Grande.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3421591348802512>

### **Silvia Mendonça Vieira**



Engenheira de Alimentos (UFV). Doutora em Ciência de Alimentos (UFMG) e pós-doutorado (UFMG). Atualmente é docente no curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) nas disciplinas “Tecnologia de Cereais, Raízes e Tubérculos” e “Tecnologia de Panificação, Massas, Amidos e Derivados”.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5727758398773642>

### **Marcio Schmiele**



Químico de Alimentos (UFPeL-RS), mestre em Tecnologia de Alimentos (UNICAMP-SP), doutor em Tecnologia de Alimentos (UNICAMP-SP). Professor da Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM-MG). Atua também como docente permanente e orientador do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFVJM).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0560263390195382>

### **Rebeca Salvador-Reyes**



Engenheira Agroindustrial (UNS-Perú) com mestrado em Tecnologia dos alimentos (UNICAMP-SP). Atualmente é doutoranda no Departamento de Tecnologia de Alimentos (UNICAMP-SP), e docente pesquisadora na Faculdade de Engenharia Industrial e Mecânica da Universidad Tecnológica del Perú (UTP-Perú).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/272562312927431>

### **Jaime Amaya-Farfan**



Professor titular colaborador, Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP-SP). Graduado em General Sciences (Brandeis University, EUA), com mestrado em Biophysics (University of Rhode Island, EUA), doutorado em Food Chemistry Nutrition (University of Rhode Island, EUA) e pós-doutorado em Food Chemistry na Georgia Experiment Station.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9577931592487828>

### **Kamila Leite Rodrigues**



Fisioterapeuta (UNIFENAS) e Terapeuta Ayurveda, mestre em Ciência Fisiológicas (UNIFAL-MG) e Doutora em Ciência Fisiológicas (UNIFAL-MG). Mestranda em Nutrição e Longevidade (UNIFAL-MG).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8343927759839294>

Este ebook é um componente da coleção: “Bioquímica e Tecnologia de Grupos de Alimentos”, elaborada com o propósito de contribuir com a sustentabilidade de diferentes sistemas alimentares e com a formação crítica de profissionais que lidam de alguma forma com os alimentos. Os capítulos deste ebook estão organizados pela divisão do conteúdo em grupos de alimentos, sendo o volume I referente àqueles de origem vegetal.

### CONTEÚDO:

- Química, bioquímica e fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças
- Tecnologia de frutas
- Tecnologia de hortaliças
- Tecnologia de raízes e tubérculos
- Composição química, bioquímica e mercado de cereais
- Tecnologia de pseudocereais
- Tecnologia de chás

ISBN: 978-65-86489-62-0

QR

