

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Luís Augusto Barbosa Cortez
Sylvio Luis Honório
Celso Luiz Moretti

Editores Técnicos

*Embrapa Informação Tecnológica
Brasília, DF
2002*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica – PqEB
Av. W3 Norte (final)
Caixa Postal 040315
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fones: (61) 448-4162 e 448-4155
Fax: (61) 274-4168
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR 060 – Brasília-Anápolis, Km 9
Caixa Postal 218
CEP 70359-970 Brasília, DF
Fone: (61) 385-9000
Fax: (61) 556-6744
sac: hortaliças@embrapa.br
www.cnph.embrapa.br

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp

Cidade Universitária Zeferino Vaz
Distrito de Barão Geraldo
CEP 13083-970 Campinas, SP

Coordenação editorial

Walmir Luiz Rodrigues Gomes
Mayara Rosa Carneiro

Supervisão editorial

Lucilene Maria de Andrade

Revisão de texto

Vitória Rodrigues
Norma Azeredo

Revisão e normalização bibliográfica

Rosa Maria E. Barros

1ª edição

1ª impressão (2002): 2.000 exemplares

Projeto gráfico e editoração eletrônica

José Batista Dantas

Capa

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Fotos da capa

Luís Augusto Barbosa Cortez

Tratamento de fotos e ilustrações

Mário César Moura de Aguiar
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP – Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Informação Tecnológica.

Resfriamento de frutas e hortaliças / editores técnicos Luís Augusto Barbosa Cortez ; Sylvio Luis Honório ; Celso Luiz Moretti ; Embrapa Hortaliças (Brasília, DF). – Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, 2002.
428 p. : il. ; 27 cm.

Inclui bibliografia.

ISBN

1. Fruta – Resfriamento. – Tecnologia. 2. Hortaliça – Resfriamento – Tecnologia. 3. Fruta – Frio – Armazenamento. 4. Hortaliça – Frio – Armazenamento. I. Cortez, Luís Augusto Barbosa, ed. téc. II. Honório, Sylvio Luis, ed. téc. III. Moretti, Celso Luiz, ed. téc. IV. Embrapa Hortaliças (Brasília, DF).

CDD: 664.8 (21. ed.)

© Embrapa 2002

Apresentação

É com satisfação que apresento o livro Resfriamento de Frutas e Hortaliças, obra redigida por conceituados técnicos brasileiros e estrangeiros que trabalham com a pós-colheita e o marketing das frutas e hortaliças.

Os autores deste trabalho procuraram sistematizar conhecimentos científicos e tecnológicos referentes à importância do resfriamento para a conservação e manutenção da qualidade dos diferentes produtos hortícolas.

A abordagem do resfriamento é feita de forma integrada, o que permitirá aos exploradores do agronegócio de frutas e hortaliças informações imprescindíveis que auxiliarão no aperfeiçoamento tecnológico de suas empresas, colocando-os num patamar de competitividade internacional.

O grau de mérito da presente obra é de ser o primeiro trabalho referente no setor, com dados e informações obtidas no País, refletindo a realidade e as características intrínsecas das frutas e hortaliças brasileiras.

Deve também ser enfatizado que a parceria interdisciplinar e interinstitucional alcançada dá ao livro uma visão ampla dos diferentes aspectos tecnológicos estudados.

As técnicas de resfriamento de frutas e hortaliças são extremamente importantes, pois o futuro do País passa pelo desenvolvimento sustentado da horticultura. A presente obra contribui, de maneira inequívoca, para o aprimoramento desses conhecimentos.

O livro Resfriamento de Frutas e Hortaliças é um marco editorial que abre portas e é exemplo para trabalhos futuros que contribuam com o nosso conhecimento do mundo das frutas e hortaliças no Brasil.

Moacyr Saraiva Fernandes
Vice-Presidente
Instituto Brasileiro de Frutas – Ibraf

Sumário

Prefácio	15
Capítulo 1 – Importância do Resfriamento para Frutas e Hortaliças no Brasil	17
A Produção de Frutas e Hortaliças no Brasil	18
A Cadeia do Frio no Brasil – O Caso da Maçã	20
Perdas Quantitativas e Qualitativas	21
O Mercado Brasileiro Atacadista	23
A Infra-Estrutura de Armazenamento a Frio	24
O Mercado Varejista – Feiras Livres, Supermercados e Varejões	25
Equipamento e Tecnologia para a Cadeia do Frio	27
Mercado Potencial para Frutas Brasileiras	28
Análise Comparativa entre o Brasil e o Chile	29
Brasil – Um Mercado Importador	31
Perspectivas no Campo de Frutas e Hortaliças no Brasil	32
Considerações Finais	34
Referências	34
Capítulo 2 – Certificação da Qualidade de Frutas e Hortaliças	37
Introdução	38
O Sistema de Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC – em Frutas e Hortaliças Frescas	44
Etapas para um Estudo ou para Implantar a APPCC	45
Referências	46
Capítulo 3 – O Marketing do Frio para Frutas e Hortaliças	49
Introdução	50
Diferenças entre Marketing e Vendas	51
Tendências no Mercado de Frutas e Hortaliças	51
Novos Produtos que Usam o Frio, Classificação e Novas Embalagens	54
O Frio Como um Elemento no Marketing de Frutas e Hortaliças	56
Referências	57
Capítulo 4 – Fisiologia Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças	59
Introdução	60
Fatores Internos e Externos Associados à Deterioração	60
Fatores Associados ao Desenvolvimento da Injúria por Frio	70
Mecanismos da Injúria por Frio	70
Referências	76
Capítulo 5 – Manuseio Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças	83
Introdução	84
Práticas de Manuseio e suas Funções	84
Referências	93

Capítulo 6 – Embalagem para Frutas e Hortaliças	95
Introdução	96
Vibração, Impacto e Compressão – Um Longo Caminho a Percorrer	97
Tipos e Materiais de Embalagem	99
Forma e Abertura das Embalagens	106
O Projeto de Embalagens para Frutas e Hortaliças	115
Considerações Finais	119
Referências	119
Capítulo 7 – Cálculo de Carga Térmica	123
Introdução	124
Dados Iniciais	125
Transmissão	126
Infiltração	129
Produto	132
Outras Fontes	136
Carga Térmica Total	138
Referências	139
Capítulo 8 – Equipamentos Frigoríficos	141
Introdução	142
Refrigerantes	143
Compressores	145
Evaporadores	148
Condensadores	151
Controles	154
Acessórios e Tubulação	156
Condições de Operação	157
Seleção do Sistema	160
Manutenção	161
Referências	163
Capítulo 9 – Armazenamento e Distribuição Frigorificados	165
Introdução	166
Câmara de Armazenagem Frigorificada	167
Temperatura e Umidade Relativa	169
Umidificação	173
Controles e Sensores de Umidade	175
Câmaras Tipo Envelope e Lavador	178
Transporte Frigorificado	181
Varejo	185
Referências	189
Capítulo 10 – Transporte Frigorífico de Frutas e Hortaliças	191
Introdução	192
Fatores que Afetam a Qualidade do Produto Durante o Transporte	193

Sistemas de Controle para a Preservação da Qualidade	
Durante o Transporte	199
Carregamento dos Veículos de Transporte	212
Particularidades para cada Modo de Transporte	214
Considerações Finais	228
Referências	228
Capítulo 11 – Resfriamento Rápido a Ar: Métodos da	
Câmara Frigorífica e do Ar Forçado	231
Introdução	232
Parâmetros Básicos no Resfriamento	233
Resfriamento em Câmara Frigorífica (<i>room cooling</i>)	235
Método de Resfriamento Rápido por Ar Forçado (<i>forced-air cooling</i>)	239
Referências	270
Capítulo 12 – Método de Resfriamento Rápido por Água Gelada	273
Introdução	274
Parâmetros Operacionais	275
Sistemas Comerciais de Resfriamento com Água Gelada	277
Exemplos de Uso de Resfriamento com Água Gelada	278
Experimentos com Resfriamento com Água Gelada	279
Referências	280
Capítulo 13 – Método de Resfriamento Rápido com Gelo	283
Introdução	284
Condicionamento com Gelo (<i>Package Icing</i>)	286
Gelo Líquido (<i>Liquid Icing</i>)	287
Sistema de Resfriamento com Gelo em Grande Escala	289
Desenvolvimento de um Sistema Gelo-Líquido de Baixo Custo	294
Conclusões	308
Referências	309
Capítulo 14 – Método de Resfriamento Rápido a Vácuo	311
Introdução	312
Equipamento para o Resfriamento a Vácuo	315
Experimentos em Resfriamento a Vácuo na Unicamp	323
Considerações Finais	330
Referências	330
Capítulo 15 – Considerações Técnicas e Econômicas sobre a	
Decisão de Investir no Resfriamento de Frutas e Hortaliças	333
Introdução	334
Comparação entre os Métodos de Resfriamento Rápido	335
Considerações Técnicas sobre os Produtos e a Seleção do Método	
mais Adequado	337
Sistemas de Resfriamento para Múltiplo Uso	337

Temperatura Requerida na Estocagem.....	339
Umidade Requerida nas Câmaras	340
Custo de Operação dos Resfriadores	341
Custos Energéticos	342
Outras Considerações	343
Gerenciamento Adequado dos Resfriadores	344
Considerações Importantes sobre a Cadeia do frio	344
Referências	351

Capítulo 16 – Cálculo da Temperatura no Resfriamento de Frutas e

Hortaliças	355
Introdução	356
Método do Tempo de Resfriamento $t_{7/8}$	356
Métodos Analíticos.....	358
Métodos Numéricos	362
Efeito do Calor de Respiração e Transpiração	368
Resfriamento de uma Camada de Produtos	369

Capítulo 17 – Psicrometria Aplicada ao Resfriamento de Frutas e

Hortaliças	373
Introdução	374
Propriedades	374
Processos de Resfriamento	377
Conclusões e Recomendações.....	383
Referências	384

Capítulo 18 – Técnicas de Armazenagem com a Atmosfera

Modificada e Controlada	385
Introdução	386
Técnicas para o Armazenamento de Frutas e Hortaliças em Atmosfera Controlada	389
Fatores do Projeto de Armazenagem com AC	390
Sistemas de Controle de Oxigênio	394
Sistemas de Controle de Dióxido de Carbono	398
Sistemas de Controle de Etileno	403
Automação	405
Segurança.....	407
Referências	407

Capítulo 19 – Processamento de Frutas e Hortaliças

Introdução	411
Introdução	412
Fruta em Calda	412
Doce de Fruta em Calda	416
Polpa de Fruta	417
Néctar de Fruta	417
Geléia	418

Doce de Fruta em Pasta	420
Fruta Cristalizada ou Glaceada	422
Fruta Seca.....	423
Licor	424
Picles	425
Referências	427

Prefácio

As tecnologias de resfriamento rápido, denominadas em inglês de *precooling*, provavelmente tiveram origem nos EUA, onde os produtos oriundos da Califórnia, eram enviados por via terrestre (via ferroviária e rodoviária) até Nova Iorque. Os primeiros artigos técnicos publicados a respeito foram elaborados pelo serviço de extensão de agricultura da Califórnia e datam do início da década de 50. Com o final da II Grande Guerra Mundial, a população americana experimentou um importante aumento na qualidade de vida, redundando na elevação do consumo de frutas e hortaliças refrigeradas. Dessa forma, foi justamente na América do Norte que se desenvolveu mais rapidamente a “cultura do frio” e suas aplicações para frutas e hortaliças.

De maneira análoga, observa-se que o Brasil, de certa forma, passa pelo mesmo processo nos dias de hoje. Embora sem um marco definido, o consumo de frutas e hortaliças refrigeradas vem aumentando significativamente nas últimas décadas, como também crescem as possibilidades e as condições para o País se tornar um grande produtor e exportador desses produtos.

Pretendemos, com a presente obra, dar um passo, uma pequena contribuição, para a melhoria da qualidade dos produtos, para a redução de perdas pós-colheita, para o aumento da renda de produtores e empresários que atuam nas diferentes cadeias produtivas de frutas e hortaliças, bem como contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira. Sabemos que o Brasil é um grande produtor de alimentos, e que o País desperdiça grande parte de sua produção por falta de infra-estrutura e má remuneração do produto final. Destaca-se também a disseminação precária das tecnologias, produtos e serviços desenvolvidos, notadamente de utilização do frio, que estão disponíveis nos centros mais avançados de pesquisa e desenvolvimento, no Brasil e no exterior. Nós, técnicos da área de pós-colheita de perecíveis, sabemos que o emprego criterioso e sustentável das tecnologias de refrigeração existentes permitirá um avanço significativo em toda a cadeia produtiva de frutas e hortaliças.

Apesar de possuir uma importante indústria de refrigeração, indo desde a refrigeração doméstica até a industrial, de todo o potencial econômico representado pela expressiva produção de frutas e hortaliças e do tamanho de sua população, pouco se fez até hoje no campo da refrigeração comercial de perecíveis no Brasil. É exatamente nesse ponto que o presente livro vem fornecer subsídios técnicos no que se refere às tecnologias de resfriamento rápido.

Organizado em 19 capítulos, o livro *Resfriamento de Frutas e Hortaliças* enfoca, basicamente, os diferentes aspectos relacionados com a refrigeração e a conservação refrigerada de frutas e hortaliças. Uma parte substancial do texto é dedicada aos métodos de resfriamento rápido (ar, água, gelo e vácuo) e às questões relativas à “cadeia do frio”, como os equipamentos frigoríficos, o cálculo da carga térmica em câmaras frias, o transporte refrigerado e a distri-

buição refrigerada. Vários dos assuntos apresentados estão relacionados ao tema, como é o caso de embalagens, casas de embalagem (*packinghouses*), psicrometria, cálculo da temperatura no produto e tomada de decisão econômica, além dos métodos de processamento dos produtos com menor valor agregado ou que estão fora do padrão para comercialização in natura.

O texto foi elaborado com linguagem técnica, com o cuidado de não ser excessivamente rebuscada, permitindo que engenheiros, técnicos, estudantes de graduação e pós-graduação, profissionais ligados à pesquisa, ensino e extensão, e produtores de frutas e hortaliças possam beneficiar-se das informações disponibilizadas.

Além de sua multidisciplinaridade, que vai da fisiologia vegetal à engenharia de resfriamento e embalagens, o livro *Resfriamento de Frutas e Hortaliças* primou pela multinstitucionalidade, nacional e internacional, reunindo contribuições de 26 autores, profissionais de reconhecida competência em universidades e centros de pesquisa do Canadá, EUA, Espanha e Brasil. Entre eles, destaca-se Clément Vigneault, do Horticultural Research and Development Centre, além das participações de pesquisadores da McGill University e do Atlantic Food and Horticulture Research Centre, todos do Canadá. Dos EUA, a contribuição veio de Khe Chau, da University of Florida, autoridade mundial em engenharia de resfriamento de frutas e hortaliças. Do Continente Europeu contamos com as contribuições de Jose Luiz López García e Jose Moure Gil, ambos da Universidad Politécnica de Madrid, Espanha. Do Brasil, vários centros de pesquisa e universidades colaboraram neste livro. Destacam-se as participações do Instituto de Tecnologia de Alimentos – Ital, da Universidade do Estado da Bahia – Uneb e da Embrapa Hortaliça – CNPH, da Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA e Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri, ambas da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

Espera-se, finalmente, que o presente trabalho apresente subsídios para a introdução da tecnologia de refrigeração e do conceito de “cadeia do frio” na área de frutas e hortaliças no Brasil, e que esse tema venha ganhar a importância que merece quando do lançamento dos editais das diferentes agências de fomento à pesquisa e desenvolvimento do País, notadamente de projetos a serem financiados pelos Fundos Setoriais dos Agronegócios, coordenados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, que dentro em breve estarão sendo implementados no Brasil.

Os editores técnicos deste texto, desde já, assumem a responsabilidade por possíveis erros e imperfeições que porventura estejam ainda presentes e solicitam àqueles que os encontrarem que os tragam ao nosso conhecimento, visando o aprimoramento nas futuras edições.

Luís Augusto Barbosa Cortez

Sylvio Luis Honório

Celso Luiz Moretti

Os editores

Capítulo 1

Importância do Resfriamento para Frutas e Hortaliças no Brasil

*Luís Augusto Barbosa Cortez
Sylvio Luis Honório
Lincoln de Camargo Neves Filho
Celso Luiz Moretti*



A Produção de Frutas e Hortaliças no Brasil

Embora seja um grande produtor de frutas e hortaliças, o Brasil perde parte significativa da sua produção. Assim, caso algo não seja feito para reduzir essas perdas, aumentos da produção desses alimentos terão menores impactos a cada dia. Em geral, no Brasil não se utilizam tecnologias apropriadas para a colheita e a pós-colheita de produtos perecíveis, exceto em alguns casos raros, geralmente voltados para a economia de exportação. Esse descaso, associado ao mau gerenciamento, contribui para a obtenção de um produto de baixa qualidade e limita a sua competitividade no exterior.

A produção agrícola é relativamente bem distribuída no Brasil, pois praticamente não há limitações críticas para a produção de frutas e hortaliças em qualquer parte do território nacional, com uma área agricultável de aproximadamente 550 milhões de hectares. Dessa forma, uvas são cultivadas nos Estados do Rio Grande do Sul, Bahia e São Paulo; maçãs em Santa Catarina; pêssegos, em São Paulo; melões, no Rio Grande do Norte; e outras culturas como laranja e banana podem ser encontradas numa vasta extensão do território. Entre as hortaliças, embora não existam limitações importantes do ponto de vista agrônômico, são cultivadas predominantemente por pequenos produtores nas regiões vizinhas aos grandes centros urbanos, sobretudo nas regiões Sudeste e Sul. A Tabela 1 mostra a produção e o valor dos principais produtos agrícolas no Brasil e, a Tabela 2, a produção e a área cultivada para algumas frutas no Brasil.

De maneira geral, o melhor da produção brasileira encontra-se nas Regiões Sul, Sudeste, no Estado de São Paulo e também na Região Nordeste, nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. A produção de frutas e hortaliças nas demais 17 unidades da federação é menos organizada, sendo usados, com frequência, métodos comerciais primi-

Tabela 1. Produção e valor dos principais produtos agrícolas no Brasil, em 2000.

Produto	Quantidade (mil t)	Valor (mil US\$)
Cana-de-açúcar	339.660	2.904.102
Milho	31.640	4.435.678
Soja	31.376	6.097.012
Mandioca	21.850	1.301.207
Arroz	11.534	2.440.696
Café	1.831	985.509
Feijão	3.072	1.832.629
Frutas	33.850	10.155.191 ⁽¹⁾
Hortaliças	11.100	5.200.000 ⁽¹⁾
Total	485.913	35.352.024

⁽¹⁾ Valores referentes a 1998.

Fonte: Agrianual (2001), Embrapa Hortaliças (2000).