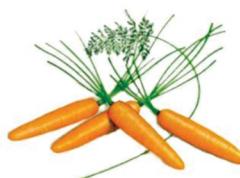


PROCESSAMENTO DE HORTALIÇAS EM PEQUENA ESCALA

Cristina M. M. Machado



PROCESSAMENTO DE HORTALIÇAS EM PEQUENA ESCALA





PROCESSAMENTO DE HORTALIÇAS EM PEQUENA ESCALA

Cristina Maria Monteiro Machado
Pesquisadora em Tecnologia de Alimentos

Brasília-DF
Outubro, 2008

República Federativa do Brasil
Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Reinhold Stephanes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Silvio Crestana
Presidente

Conselho de Administração
Silas Brasileiro
Presidente
Silvio Crstana
Vice-Presidente
Derli Dossa
Ernesto Paterniani
Murilo F. Barella
Aloísio Lopes P. de Melo
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa
Silvio Crestana
Diretor-Presidente
José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Hortaliças
José Amauri Buso
Chefe-Geral
Carlos Alberto Lopes
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Gilmar Paulo Henz
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios
André Nepomuceno Dusi
Chefe Adjunto de Administração

Comitê de Publicações da Embrapa Hortaliças (2004-2008)
Presidente: Gilmar P. Henz
Editora Técnica: Flávia A. de Alcântara
Supervisora Editorial: Sieglinde Brune
Membros: Alice Maria Quezado Duval
Edson Guiducci Filho
Milza M. Lana
Míriam Josefina Baptista
Nuno Rodrigo Madeira
Paulo Eduardo de Melo
Waldir A. Marouelli
Secretaria-Executiva: Fabiana S. Spada
Normalização bibliográfica: Rosane Mendes
Parmagnani

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

BR 060 Rodovia Brasília-Anápolis km 9
C. Postal 218
70359-970 Brasília-DF
Telefone (61)3385-9009
Fax: (61) 3556-5744
E-mail: sac.hortalicas@embrapa.br
Home page: <http://www.cnph.embrapa.br>

1^a edição

1^a impressão (2006): 800 exemplares

2^a impressão (2008): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

Machado, Cristina Maria Monteiro

Processamento de hortaliças em pequena escala / Cristina Maria Monteiro Machado. -- Brasília : Embrapa Hortaliças, 2008.

99 p.

ISBN 85-86413-08-9

ISBN 978-85-86413-08-9

1. Hortaliças – Processamento mínimo. I. Título.

CDD 635.046

APRESENTAÇÃO

As hortaliças são parte fundamental de uma alimentação saudável e equilibrada, uma fonte rica de carboidratos, fibras, vitaminas e sais minerais. Mais recentemente, estão sendo evidenciadas outras propriedades das hortaliças, como os compostos nutracêuticos, o licopeno do tomate, a alicina do alho, quercetina da cebola e o sulforafane do brócolis. Por todas estas razões, as hortaliças devem ser parte integrante de nossa alimentação cotidiana.

Uma das maiores limitações das hortaliças é o seu ponto de colheita, restrito a uma fase do crescimento da planta e determinado pelo mercado. Assim, alguns frutos devem ser colhidos quando atingem seu ponto máximo de crescimento e ficam com a coloração vermelha, enquanto outros devem ser colhidos ainda verdes; a alface deve ser colhida antes que comece a pendoar, e assim por diante. Depois de colhidas, as hortaliças enfrentam outro desafio: a sua alta perecibilidade e sua baixa conservação pós-colheita. Isto implica em ter mercados mais próximos, de modo que as hortaliças alcancem os consumidores o mais rápido possível, evitando-se perdas pós-colheita.

Uma das maneiras de aproveitar melhor o potencial das hortaliças como alimentos é o processamento. A transformação das hortaliças in natura em sucos, doces, pickles, conservas, produtos desidratados e outras formas apresenta uma série de vantagens, como maior conservação e agregação de valor a um produtos diferenciado.

O presente livro é mais uma contribuição da Embrapa Hortaliça para o aprimoramento e evolução da agricultura familiar

e de pequenos empreendedores. Sua publicação foi fundamentada nas diretrizes do nosso Plano Diretor e de nossa missão, por meio da viabilização de soluções para o agronegócio brasileiro de hortaliças.

José Amauri Buso
Chefe Geral
Embrapa Hortaliças

SUMÁRIO

Prefácio.....	11
1. Planejamento do processo	15
2. Matéria prima	15
2.1 Definição e tipos de hortaliças.....	16
2.2 Composição e aspectos nutricionais das hortaliças.....	16
3. Agentes deteriorantes	18
3.1 Ação microbiana	18
3.1.1 Bactérias	18
3.1.2 Fungos filamentosos ou bolores	19
3.1.3 Leveduras.....	19
3.2 Alterações enzimáticas	20
3.2.1 Escurecimento enzimático	20
3.3 Alterações químicas.....	20
3.3.1 Oxidação lipídica	20
3.3.2 Escurecimento não-enzimático	20
3.4 Alterações físicas	22
4. Controle da deterioração dos alimentos	22
4.1 Fatores inerentes aos alimentos.....	22
4.1.1 pH.....	22
4.1.2 Atividade de água (Aa)	23
4.2 Fatores ambientais	25
4.2.1 Temperatura.....	25
4.2.2 Umidade relativa	25
4.2.3 Atmosfera.....	25
4.3 Processos para a preservação de frutas e hortaliças	26

5. Princípios de higiene, limpeza e sanitização	27
5.1 Higiene pessoal	28
5.2 Limpeza e desinfecção	29
5.3 Infra-estrutura	30
6. Operações preliminares	32
6.1 Transporte e armazenamento temporário.....	32
6.2 Recepção.....	34
6.3 Padronização ou classificação	34
6.4 Lavagem	36
6.4.1 Lavagem por banho ou imersão	36
6.4.2 Lavagem por agitação	37
6.4.3 Lavagem por jato ou aspersão	38
6.5 Corte	38
6.6 Branqueamento ou escaldamento.....	40
6.6.1 Branqueamento com água quente.....	41
6.6.2 Branqueamento com vapor	42
6.7 Descasque	42
6.7.1 Descasque a mão	42
6.7.2 Descasque pelo calor.....	42
6.7.3 Descasque mecânico	43
6.7.4 Descasque químico (por lixiviação)	44
7. Processamento por aquecimento	45
7.1 Princípios para esterilização	46
7.1.1 Operações empregadas na esterilização.....	48
7.1.2 Equipamentos utilizados	49
7.2 Princípios para pasteurização	50
7.2.1 Processos de pasteurização	50
7.2.2 Equipamentos	52
8. Processamento pela redução da umidade	52
8.1 Preservação por secagem/desidratação	52
8.2 Etapas do processo	54

8.3	Métodos e equipamentos	56
8.3.1	Secagem natural.....	57
8.3.2	Secagem à pressão atmosférica	60
8.3.3	Secagem à sub-pressão	62
8.4	Concentração	63
8.4.1	Evaporação	64
8.4.2	Fritura	65
8.4.3	Desidratação osmótica.....	69
8.5	Concentração por membrana	70
9.	Processamento pela remoção de calor.....	71
9.1	Refrigeração/resfriamento	72
9.2	Congelamento	72
10.	Processamento pela adição de substâncias químicas	73
10.1	Aditivos químicos	74
10.1.1	Ácido benzóico e seus sais.....	75
10.1.2	Ésferes de ácido para hídro-benzóico.....	75
10.1.3	Ácido sóblico e seus sais.....	76
10.1.3	Dióxido de enxofre e derivados	76
10.2	Açúcar.....	76
10.2.1	Geléias e marmeladas	76
10.2.2	Frutas em calda	77
10.3	Cloreto de sódio (NaCl)	78
10.4	Ácido acético	78
11.	Processamento bioquímico - fermentação	79
11.1	Processos fermentativos na tecnologia de alimentos	80
11.1.1	Fermentação alcoólica	80
11.1.2	Fermentação acética	83
11.1.3	Fermentação láctica (acidificação natural)	84
11.2	Produção de picles fermentados	86
11.2.1	Tecnologia da produção de picles fermentados....	87

11.2.1.1	Métodos da salmoura.....	88
11.2.1.2	Métodos da salga (chacrute)	89
12.	Operações finais	90
12.1	Embalagem.....	90
12.1.1	Vidro.....	90
12.1.2	Papel.....	91
12.1.3	Metais	91
12.1.4	Plásticos	92
12.2	Rotulagem	93
12.3	Estocagem	94
Bibliografia consultada	95	
Páginas da internet sobre o assunto	99	

PREFÁCIO

O processamento de alimentos, como uma atividade científica e tecnológica, é muito mais amplo que a preparação de alimentos e seu cozimento. Envolve a aplicação de princípios científicos para diminuir a velocidade dos processos naturais de decomposição causados por microrganismos, enzimas e fatores ambientais como calor, umidade e luz solar. Assim, o principal objetivo do processamento é fornecer alimentos seguros, nutritivos e aceitáveis aos consumidores.

Nos países em desenvolvimento as atividades de processamento de frutas e hortaliças em pequena escala são estimuladas pelas seguintes razões:

- Diversificação da economia, de modo a reduzir a dependência da exportação de determinado produto;
- Políticas governamentais de industrialização;
- Redução da importação e resposta à demandas de exportação;
- Apoio à produção agrícola pela obtenção de produtos com maior viabilidade mercadológica;
- Geração de empregos tanto na área rural quanto urbana;
- Redução de perdas;
- Possibilidade de consumo dos produtos processados na entressafra, levando a um aumento da qualidade nutricional dos produtores rurais;

- Geração de novas fontes de renda para os produtores;
- Desenvolvimento de produtos com maior valor agregado.

Dessa forma, nesses países, o processamento de alimentos é também, um método de geração de renda e emprego às famílias. Sob estas circunstâncias, os produtores familiares precisarão competir com outros do mesmo país e com produtos importados. Ou seja, mesmo feito em pequena escala, o produto precisará ter qualidade, embalagem e apresentação adequados.

Assim, a escolha de produtos viáveis para produção em pequena escala e os processos selecionados para obtê-los requer considerações muito cuidadosas. Não é suficiente assumir que simplesmente porque há uma produção excedente de matéria-prima, uma planta de processamento será viável. Faz-se necessário que haja demandas para o alimento processado e que estas estejam claramente identificadas antes de se iniciar o negócio.

Os produtos que são viáveis para processamento em pequena escala são aqueles que têm alta procura e um bom valor pode ser adicionado com o processamento. Tipicamente as hortaliças têm um preço baixo quando *in natura*, mas podem ser processadas em um bom número de alimentos secos, sucos, picles, doces, etc., que possuem um valor agregado substancialmente maior. Um alto valor agregado significa que uma quantidade relativamente baixa de alimento terá que ser processada para que se obtenha um lucro razoável. Além disso, o processamento de hortaliças requer, em geral, equipamentos pequenos e processos simples, o que torna o investimento inicial factível.

O processamento de hortaliças como um negócio é, assim, uma atividade complexa, e apesar de a maior parte das pessoas poder ser treinada para produzir produtos de alta qualidade, é errado assumir que um bom cozinheiro será, necessariamente

um empreendedor de sucesso. Muitos (possivelmente a maior parte) dos processadores em pequena escala começaram sua atividade em um nível doméstico, mas seu sucesso é dependente de um grande número de fatores, incluindo seu planejamento e capacidade em negócios, sua criatividade e habilidade em produzir produtos que tenham um diferencial de seus competidores e sua determinação ao sucesso. Adicionalmente, os empreendedores devem ter noções de garantia de qualidade, para que se obtenham produtos uniformes e adequados. Outras questões associadas com a operação de qualquer empresa são aquelas de aspecto legal como registro do negócio, pagamento de impostos, condições de emprego e planejamento do processo.

Este trabalho trata das principais operações utilizadas no processamento de hortaliças, com um enfoque especial aos métodos adequados à pequena escala, facilitando a agregação de valor às olerícolas produzidas na agricultura familiar. Na introdução são apresentados rapidamente alguns aspectos importantes do processo, relacionados a escolha da matéria-prima, causas da deterioração de alimentos e boas práticas de higiene. As operações de processamento foram divididas em seis capítulos: pré-tratamento, operações de aquecimento, operações de concentração, métodos químicos de conservação, métodos bioquímicos de conservação e operações finais.

Cristina Maria Monteiro Machado

1. PLANEJAMENTO DO PROCESSO

O segredo de um centro de processamento de hortaliças bem sucedido é o seu bom planejamento. Um processo deve poder operar no maior período do ano possível. Isso significa que os equipamentos devem ser versáteis e coordenados entre si, de modo que diferentes produtos possam ser processados, conforme a época da colheita da matéria prima e demanda do mercado.

A localização apropriada da fábrica é outro ponto fundamental ao sucesso de um empreendimento. O ideal é que a planta esteja localizada o mais próximo possível da produção da matéria-prima utilizada, minimizando-se além dos custos de transporte, perdas mecânicas e com deterioração. Também de grande importância é que haja abastecimento de água de qualidade, disponibilidade de mão de obra, proximidade de estradas e de potenciais compradores do produto. Além disso, é necessário que haja locais adequados para estocagem de matéria-prima, produto final, produtos de limpeza e combustíveis.

2. MATÉRIA PRIMA

Praticamente todas as frutas e hortaliças podem ser processadas, mas os principais fatores a serem levados em conta na escolha da matéria-prima a ser utilizada são a demanda, a qualidade do material cru e a possibilidade de suprimento regular.

Além da escolha da espécie da matéria-prima, o uso de uma variedade adequada é imprescindível para o sucesso do processo, pois, uma variedade em particular de uma hortaliça pode ser excelente para ser consumida crua, mas não necessariamente é boa para processamento. Muitas das variedades de tomates para mesa, por exemplo, não servem para fabricação de molho ou outros produtos processados. Mesmo quando uma variedade

tem as características desejáveis para processamento, ela só será adequada se houver uma produção grande e regular desse material.

Os processadores devem conhecer as diferenças substanciais que existem entre as variedades de um dado material. A variação genética interfere na adaptação a um determinado clima, resistência a doenças e pragas, diferenças de tamanho, forma, tempo de maturação, durabilidade, resistência a injúria mecânica. Dessa forma, as diferenças varietais influenciam da adequação de um determinado método de processamento.

2.1. Definição e tipos de hortaliças

A palavra “hortaliça” refere-se a um grande número de plantas que apresentam, em sua maioria, as seguintes características:

- consistência tenra, não lenhosa;
- ciclo biológico curto;
- exigência de tratos culturais intensivos;
- cultivo em áreas menores, em comparação às grandes culturas;
- utilização na alimentação humana, sem exigir prévio preparo industrial.

Popularmente, as hortaliças, ou sua parte utilizável são denominadas “verduras” ou “legumes”. Deste modo, em vez de uma única palavra correta, são utilizadas duas, imprecisas, e que não englobam todos os vegetais que fazem parte deste grupo.

Na classificação técnica das hortaliças, estas são reunidas segundo suas partes utilizáveis e comerciáveis, em três grandes grupos, como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1. Principais grupos de matérias-primas

Grupos		Hortaliças
Frutos		Pepino, feijão-vagem, pimentão, tomate, quiabo, melão, melancia
Folhas		Alface, rúcula, couve, repolho, agrião
Herbáceas	Flores e inflorescências	Couve-flor, brócolis
	Talos e Hastes	Aspargo, aipo, funcho
	Raízes	Cenoura, beterraba, mandioquinha-salsa, batata doce
Tuberossas	Tubérculos	Batata, cará
	Rizomas	Inhame
	Bulbos	Alho, cebola

Fonte: Filgueira (2000)

2.2. Composição e aspectos nutricionais das hortaliças

As hortaliças são um importante componente da dieta, fornecendo variedade de cor e textura às refeições, além de nutrientes essenciais. Sua composição muda não só de acordo com a variedade botânica, práticas de cultivo e clima, mas também de acordo com a maturidade no momento da colheita e condições de amadurecimento que são progressivas após a colheita e influenciadas pelo tipo de armazenamento. As hortaliças contêm muita água (acima de 60%, a maior parte delas maior que 80%); em geral possuem pouca gordura e calorias, relativamente pouca proteína, mas são ricas em carboidratos e fibras além de fornecerem níveis significativos de micronutrientes à dieta, tornando-as, importantes auxiliares na prevenção de certas doenças. Dessa forma a quantidade recomendada para ingestão de frutas e hortaliças é de 5 a 9 porções (xícara, unidade ou fatia média) por dia.

3. AGENTES DETERIORANTES

Os alimentos são processados por diversos motivos, como melhoria de aspecto ou do sabor, redução de toxinas, diversificação de usos. Entretanto, o objetivo original e principal do processamento de alimentos é mantê-los adequados para consumo por mais tempo, ou seja, preservá-los.

A definição geral da preservação de alimentos é prevenir ou evitar o desenvolvimento de microrganismos ou de outros agentes deteriorantes durante o armazenamento. Ao mesmo tempo, as modificações químicas e bioquímicas que causam a deterioração também devem ser controladas. Dessa forma, o que se deseja é obter um alimento sem alterações negativas em suas características típicas, que possa ser consumido sem risco durante um certo período de tempo.

A deterioração dos alimentos pode ser originada por diversas causas: proliferação e ataque de microrganismos; ação de enzimas, principalmente as presentes nos tecidos celulares; reações químicas, como oxidação e escurecimento não enzimático; ação de agentes físicos (calor, umidade, luz). Os principais aspectos destes agentes de deterioração serão descritos a seguir.

3.1. Ação microbiana

Dentre os microrganismos existentes, as bactérias, fungos e leveduras são de especial interesse para o processamento de alimentos.

3.1.1. Bactérias

São microrganismos amplamente distribuídos na natureza, sendo encontradas em todos os ambientes. São muito importantes por serem responsáveis por doenças (nos seres humanos, animais

e plantas) e por deteriorarem os alimentos e materiais diversos. Por outro lado, são úteis para o homem de diversas formas, como pela sua participação na flora intestinal, na produção de alimentos, na agricultura e na medicina (fabricação de medicamentos).

Existem espécies de bactérias que podem se desenvolver somente na presença de oxigênio (aeróbias), somente na sua ausência (anaeróbias) ou em ambas as condições (aeróbias facultativas). Preferem, de modo geral, ambientes menos ácidos. A temperatura adequada ao seu crescimento é, para a maioria das espécies, entre 20 e 45°C. Usualmente, para se multiplicar, necessitam de ambientes com muita água disponível.

3.1.2. Fungos filamentosos ou bolores

Como as bactérias, também são amplamente distribuídos na natureza. São encontrados no solo, em superfícies de vegetais, nos animais, no ar e na água. Nos alimentos provocam deterioração (emboloramento) e produzem micotoxinas. São utilizados pelo homem na produção de queijos, alimentos orientais, bem como na fabricação de medicamentos (penicilina, por exemplo).

São, com raras exceções, aeróbios. Adaptam-se muito bem a meios ácidos, embora cresçam em uma ampla faixa de pH. Preferem ambientes com temperatura entre 20 e 30°C, porém um grande número de bolores crescem também em temperatura de refrigeração. São capazes de crescer em ambiente com baixa disponibilidade de água.

3.1.3. Leveduras

São fungos unicelulares, também conhecidos como fermentos. Encontram-se nos mesmos ambientes que os fungos filamentosos. São utilizadas na fabricação de bebidas, pães e

outros produtos fermentados, mas podem, também, provocar deterioração. Algumas espécies são patogênicas, mas estas não são transmitidas pelos alimentos.

As leveduras podem ser aeróbias ou facultativas. São adaptadas a ambientes ácidos, podendo, entretanto, crescer em ambientes diversos, considerando-se sua acidez. Como os bolores, preferem temperatura entre 20 e 30°C, porém muitas espécies crescem também sob refrigeração. Necessitam de menos água disponível que as bactérias e mais que os bolores.

3.2. Alterações enzimáticas

As enzimas são componentes naturais dos tecidos das plantas e sua presença pode ter consequências desejáveis ou não em um alimento. Processos indesejáveis envolvendo enzimas incluem a deterioração pós-colheita, o escurecimento enzimático e a conversão do amido em açúcar pelas amilases.

3.2.1. Escurecimento enzimático

É a transformação de substâncias fenólicas em compostos coloridos, freqüentemente pardos ou negros. É um problema muito importante no processamento de hortaliças, em particular nos procedimentos em que se alteram os tecidos vegetais, como: descasque, corte, moagem, congelamento e desidratação.

Existem diversos métodos de prevenção ao escurecimento enzimático, sendo os mais usados a inativação das enzimas pelo calor (branqueamento), adição de compostos redutores (o mais comum é o ácido ascórbico), diminuição do pH e eliminação ou restrição do oxigênio na superfície do alimento (por recobrimento ou embalagem).

3.3. Alterações químicas

As duas maiores modificações químicas que ocorrem durante o processamento e armazenamento dos alimentos e alteram sua qualidade sensorial (sabor, cor e aroma) são a oxidação lipídica (rancificação) e o escurecimento não-enzimático.

3.3.1. Oxidação lipídica

Ocorre em alimentos com alto teor de gordura, não sendo, dessa forma, de grande importância no processamento de hortaliças (a não ser em produtos fritos). É influenciada pela luz, concentração de oxigênio, temperatura, atividade de água e presença de metais que aumentem a velocidade da reação, como ferro ou cobre. O controle desses fatores reduz significativamente a rancificação dos alimentos.

3.3.2. Escurecimento não-enzimático

Entende-se pela denominação “escurecimento não enzimático” um conjunto de reações muito complexas, que conduzem, em diversos alimentos, à formação de pigmentos escuros, assim como modificações – favoráveis ou não – de seu aroma e sabor. O escurecimento não enzimático é também denominado “Reação de Maillard” ou caramelização.

Ocorre em alimentos com alta quantidade de carboidratos, especialmente açúcares redutores (frutose e glicose), durante seu processamento e armazenamento. É acelerado pelo calor – operações de cozimento, pasteurização e desidratação, afetando especialmente alimentos secos e concentrados.

O controle do escurecimento não enzimático se dá pelo controle do pH (abaixo de 4,0), temperatura e umidade e adição de agentes inibidores (sulfitos e sulfatos).

3.4. Alterações físicas

A principal alteração física que ocorre nos alimentos é a absorção de água durante o armazenamento, modificando sua aparência e consistência. O processamento e embalagem adequados podem evitar este tipo de alteração.

4. CONTROLE DA DETERIORAÇÃO DOS ALIMENTOS

Abaixo serão descritos os principais agentes para controle da deterioração dos alimentos e sua forma de atuação.

4.1. Fatores inerentes aos alimentos

4.1.1. pH

O pH mede a concentração de hidrogênio (H) de um alimento ou solução. Quanto menor o pH, maior a concentração de H+(caráter ácido). O pH varia de 0 a 14, sendo 7 o valor que expressa a neutralidade.

É um fator de importância fundamental na limitação dos tipos de microrganismos que podem se desenvolver em determinado alimento e nas reações químicas que vão ocorrer (escurecimento enzimático e não enzimático). De acordo com o pH, os alimentos são classificados como pouco ácidos (pH maior que 4,5); ácidos (pH entre 4,0 e 4,5) e muito ácidos (pH menor que 4,0) (Tabela 1).

O pH 4,5 é muito importante em tecnologia de alimentos pois abaixo dele não há desenvolvimento de *Clostridium botulinum*, bactéria que causa o botulismo, bem como, de modo geral, das bactérias patogênicas. De fato, a microflora de alimentos pouco ácidos é muito variada havendo condições de desenvolvimento da maioria dos microrganismos ao contrário dos ácidos e muito ácidos.

Tabela 1. Valor aproximado de pH de algumas hortaliças

Hortaliça	pH
Milho	7,3
Brócolis	6,5
Aspargos	5,7-6,1
Batata	5,3-5,6
Cenoura	4,9-6,0
Tomate	4,2-4,3
Azeitona	3,6-3,8
Morango	3,0-3,9

Fonte: Tibana *et al.* (2000).

4.1.2. Atividade de água (Aa)

O valor absoluto da atividade de água fornece uma indicação segura do teor de água livre em um sistema (ou seja, a quantidade de água passível de utilização pelos microrganismos para se desenvolverem). Seu valor varia de 0 a 1, onde Aa = 1 significa que toda água presente naquele sistema está disponível. Na Tabela 2 são mostrados valores de Aa para alguns alimentos.

Tabela 2. Valores de Aa em alguns tipos de alimentos

Aa	Tipos de alimentos
> 0,98	Carnes e pescados frescos, leite e outras bebidas, frutas e hortaliças frescas, hortaliças em salmoura enlatadas, e frutas em calda enlatadas
0,93 < 0,98	Leite evaporado, concentrados de tomate, carnes e pescados curados, sucos de frutas, queijos, pão e embutidos
0,85 < 0,93	Leite condensado, salame, queijos duros, produtos de confeitoraria, marmeladas
0,60 < 0,85	Geléias, farinhas, frutas secas, coco ralado, pescados muito salgados e extrato de carne
< 0,60	Doces, chocolate, mel, macarrão, batatas fritas, verduras desidratadas, ovos e leite em pó

Fonte: Tibana *et al.* (2000).

Em geral, as bactérias são mais exigentes quanto à disponibilidade de água, seguidas das leveduras e bolores (Tabela 3), sendo que estes últimos destacam-se por sua elevada tolerância a baixa Aa. A possibilidade de multiplicação microbiana acaba em alimentos com Aa menor que 0,6 embora isso não signifique destruição dos microrganismos.

Tabela 3. Valores mínimos de Aa que permitem o desenvolvimento microbiano a 25°C

Grupo microbiano	Aa mínima
Maioria das bactérias	0,88-0,91
Maioria das leveduras	0,88
Maioria dos bolores	0,80

Fonte: Tibana *et al.* (2000).

4.2. Fatores ambientais

Os fatores relativos ao ambiente que cerca o alimento poderão atuar positiva ou negativamente sobre sua deterioração. São eles: temperatura, umidade relativa, atmosfera e luz.

4.2.1. Temperatura

É um dos fatores ambientais que mais afetam a velocidade das reações químicas e enzimáticas, além da viabilidade e a multiplicação microbiana. Apesar de existirem microrganismos que cresçam entre -8 e 90°C, a temperatura ótima para a maioria dos patógenos é de 35°C. De modo geral, a redução da temperatura não tem efeito letal sobre os microrganismos. De fato, muitos microrganismos permanecem viáveis durante longos períodos de tempo em alimentos congelados.

4.2.2. Umidade relativa

A umidade relativa afeta diretamente a atividade de água do alimento. Se um alimento com baixa Aa for estocado em um ambiente com alta umidade relativa, gradativamente a Aa do alimento aumentará, modificando suas características sensoriais e tornando-o mais vulnerável ao ataque microbiano, atividade enzimática e ocorrência de reações químicas.

4.2.3. Atmosfera

A estocagem de alimentos em atmosfera contendo CO₂ é denominada “atmosfera controlada” e dificulta as reações de escurecimento, além de provocar o retardamento da maturação e do ataque de bolores. Este efeito se dá, provavelmente pela inibição do etileno pelo gás carbônico. O etileno atua nos vegetais como fator de maturação.

Outro tipo de modificação da atmosfera utilizado no armazenamento de alimentos é a utilização de ozônio (O_3).

4.3. Processos para a preservação de frutas e hortaliças

Recentemente tem havido muitas inovações nos processos de industrialização de alimentos. As técnicas praticadas possuem diferentes graus de sofisticação, indo desde os antigos métodos de fermentação e secagem solar à irradiação e concentração por congelamento. Na prática, mesmo com os avanços tecnológicos alcançados, estas operações não são completamente satisfatórias dos pontos de vista microbiológico, físico-químico e sensorial, sendo, desta forma, utilizadas em conjunto. Assim, a tendência atual na preservação de alimentos é o estudo da aplicação combinada das operações de conservação, com o objetivo de alcançar a máxima eficiência do ponto de vista microbiológico e biológico, com a menor alteração possível das características de sabor e aroma e degradação do valor nutricional da matéria-prima.

No Quadro 2 estão enumerados os principais métodos de preservação de alimentos e seu efeito nos microrganismos.

Quadro 2. Efeitos dos tipos de preservação nos microrganismos

Método	Princípio de preservação e efeito nos microrganismos
<i>Pré-processamento:</i> Lavagem, classificação, corte	Sem ação preservativa. Não há destruição dos microrganismos (de fato, processamentos como o corte podem tornar o alimento mais vulnerável à sua ação)
<i>Aquecimento:</i> * Branqueamento, fervura, pasteurização	O calor mata os microrganismos e inativa as enzimas presentes no alimento. Se for um aquecimento brando (como branqueamento e pasteurização) há uma redução da carga microbiana viável.
<i>Remoção de calor:</i> Congelamento, resfriamento	Diminuem a velocidade de ação dos microrganismos e enzimas sem destruí-lo.
<i>Remoção da água:</i> * Secagem, evaporação, destilação, fritura, extrusão, assadura	A água é indispensável no crescimento dos microrganismos e na ação de enzimas. Entretanto, a maior parte dos microrganismos não morre pela remoção de água e podem crescer novamente quando o alimento é reidratado.
<i>Bioquímico / químico:</i> Fermentação, adição de conservantes (ácidos, açúcar e sal)	Os microrganismos são mortos por altas concentrações de álcool, sal ou açúcar.

*Alguns métodos combinam dois ou mais princípios de preservação. Dessa forma, considerou-se como "aquecimento" aquelas operações que APENAS usam este princípio e "remoção da água" QUALQUER método em que haja este princípio (inclusive quando esta é obtida por aquecimento).

5. PRINCÍPIOS DE HIGIENE, LIMPEZA E SANITIZAÇÃO

O processamento de alimentos é uma atividade especial e aqueles que estão envolvidos nela devem ter consciência de que o produto será consumido pelo público que confia nas condições em que o mesmo foi manipulado e processado.

Consequentemente, o estabelecimento de normas de higiene e de limpeza por parte da indústria de alimentos é fundamental para a obtenção de um produto com qualidade, tanto do ponto de vista microbiológico, quanto químico ou sensorial.

Para que se obtenha um alimento seguro e confiável, é necessário, além da higiene dos manipuladores, que se tenha um programa de limpeza e de desinfecção.

5.1. Higiene pessoal

A limpeza de uma fábrica depende especialmente da disciplina e consciência do pessoal que nela trabalha. De fato, enquanto a limpeza da fábrica é de responsabilidade coletiva, a relacionada aos manipuladores é de caráter pessoal. Contudo, programas de treinamento neste sentido, podem ser implantados. Os trabalhadores devem seguir uma série de normas de higiene, como as enumeradas a seguir:

- Mãos lavadas com sabão e água abundantes, enxaguadas com água corrente, e secas com toalhas de papel (por serem descartáveis, se constituem no meio mais satisfatório);
- Unhas curtas, sem esmalte, limpas e lavadas com auxílio de escovas. Estas escovas devem ser higienizadas periodicamente com solução de hipoclorito;
- Ao usar luvas, higienizar as mãos antes de colocá-las;
- O uso de sabões em barra não é recomendável, pois podem transferir bactérias de uma mão para outra. Sugere-se o uso de sabões líquidos preferencialmente aqueles que contenham desinfetantes eficientes;
- Cabelos sempre limpos e presos por toucas e barba protegida;

- Proibição do uso de anéis, brincos, colares, pulseiras e outras jóias durante o trabalho, pois além de constituírem-se uma fonte de contaminação por microrganismos, há o risco de soltarem-se e caírem no produto manipulado;
- Roupas de cor clara e trocadas freqüentemente (aventais e toucas, por exemplo);
- Calçados fechados, impermeáveis e anti-derrapantes;
- Cortes e queimaduras protegidos por curativos à prova de água. Caso ocorram lesões infectadas em qualquer parte do corpo, o funcionário não deve manusear alimentos;
- Quando ocorrer qualquer alteração no estado de saúde do manipulador, mesmo aqueles caracterizados como comuns como a diarréia e resfriado, ele deve ser deslocado para serviço que não implique no contato direto com o alimento;
- Objetos como chicletes, palito de dentes, fósforos, lápis, doces ou similares na boca ou atrás da orelha proibidos na área de trabalho;
- Fumo proibido nas áreas de fabricação e estocagem.

5.2. Limpeza e sanitização dos equipamentos

Pode ser dividida em quatro etapas:

- Pré-lavagem: redução da quantidade de resíduos que se aderem aos equipamentos. Quando bem realizada chega a remover até 90% do material solúvel.
- Limpeza com detergentes: limpeza dos resíduos mais difíceis que não foram removidos com a pré-lavagem. A classe e o tipo de detergente empregado são determinados

pela natureza química das substâncias que devam ser removidas, os materiais e a construção dos equipamentos e o método utilizado.

- Enxágüe: remoção do detergente empregado.
- Desinfecção ou sanitização: realizada para controlar a atividade microbiana à superfície dos equipamentos e não removidos após os tratamentos prévios. São utilizados métodos físicos (calor, radiações ultravioleta) e mais comumente, métodos químicos. Os sanitizantes químicos mais utilizados são os clorados, como os hipocloritos de sódio e de cálcio. Em geral, estes produtos são aplicados com um pH entre 6 e 7 por um tempo de 5 minutos, com temperaturas superiores a 30°C e baixa luminosidade.
- Enxágüe: Para remoção do sanitizante, quando necessário.

5.3. Infra-estrutura

A construção e manutenção do prédio e equipamentos uma indústria de alimentos, mesmo que em pequena escala, são de grande importância para a sanidade. O manejo da planta implica asseio e adequada remoção de desperdícios. Alguns pontos a serem destacados:

- Cuidados especiais na escolha de pisos, telhados e condições de ventilação e iluminação. Quanto às paredes, a legislação brasileira determina que os locais de processamento de alimentos e depósitos, devem ser revestidos até 2 m de altura, com azulejos ou ladrilhos e daí para cima pintadas em cores claras, com tintas laváveis;

- Os equipamentos não devem ser instalados muito perto das paredes ou um do outro e não devem ocupar mais de 20% da área disponível;
- Os equipamentos e recipientes que entram em contato com os alimentos construídos de forma a assegurar que, quando necessário, possam ser limpos, desinfetados e mantidos adequadamente para evitar a contaminação do alimento;
- A eliminação de roedores e pragas requer sua identificação (conhecimento das infestações e hábitos). Os métodos de controle consistem na remoção de tocas e fontes de alimentos (modificações de estruturas, equipamentos e processos), além do uso adequado de inseticidas;

O “lay-out” é a organização da sala de processamento para permitir um manuseio eficiente do trabalho, melhor aproveitamento do tempo e controle de operações. A seguir serão enumerados alguns aspectos a serem considerados para um correto “lay-out”:

- É aconselhável que os processos sejam divididos em seções, identificadas por sua natureza. Por exemplo, é necessário que se tenha uma separação clara da “zona suja”, onde são feitas a recepção e limpeza da matéria-prima, e aquelas zonas de processamento limpo, a fim de se evitar a recontaminação dos produtos (contaminação cruzada);
- Linha de processamento reta ou com mudanças de direção em 90°, a fim de evitar cruzamentos na linha para que não haja interrupção de fluxo, condição sempre ligada a problemas de eficiência (tempo morto);

- A zona de envase deve ser a mais limpa da área de processamento;
- A área de serviços higiênicos (banheiros e vestiários) totalmente isolada da sala de processamento.

PROCESSAMENTO DE HORTALIÇAS

As operações de processamento de alimentos têm como finalidades melhora de aspecto ou sabor, redução de toxinas, diversificação de usos e, principalmente, aumento da vida de prateleira. De modo geral, o processamento pode ser procedido de quatro formas, utilizadas muitas vezes em conjunto: conservação pelo calor, pela retirada de água, pela remoção de calor e por métodos químicos/bioquímicos.

Estas formas de processamento serão descritas a seguir, mostrando-se suas principais operações e equipamentos, destacando-se, sempre, os sistemas mais adequados para produção em pequena escala.

6. OPERAÇÕES PRELIMINARES

As operações preliminares, como diz o próprio nome, são normalmente realizadas antes de qualquer outro processamento. Suas funções estão associadas a uma preparação do produto ou a uma melhoria das condições sanitárias da matéria-prima.

6.1. Transporte e armazenamento temporário

Como regra geral, a excelência de qualquer produto industrializado está condicionada à adequação da matéria-prima utilizada. De fato, não haverá produto bom com a utilização de matéria-prima desqualificada.

Para a obtenção de produtos de alta qualidade é importante que a empresa acompanhe diretamente os produtores, determinando as formas mais adequadas de cultivo, de modo a obter hortaliças apropriadas para o produto final. Esta qualidade é muito afetada pelo tempo decorrido entre a colheita e seu processamento. Portanto, os alimentos devem ser transportados diretamente do produtor à fábrica, logo após a colheita, garantindo assim seu frescor.

Além do tempo, outro fator que é decisivo para a qualidade do vegetal é a temperatura e o cuidado durante o transporte. Assim, os caminhões que transportam a matéria-prima precisam ser bem ventilados e as caixas devem ser lavadas e secas, pois caixas mofadas aceleram a deterioração da matéria-prima durante a estocagem.

As hortaliças podem ser armazenadas em:

- Galpões simples sem resfriamento: devem ser cobertos, frescos, secos e bem ventilados, mas sem circulação forçada de ar, o que pode induzir a uma perda de massa muito grande pela evaporação de água. A umidade relativa do ar deve ser entre 70 e 80%.
- Câmaras frias: é preferível sempre. Na tabela 4 são mostradas as condições adequadas para armazenamento de algumas hortaliças.
- Silos: só utilizados em alguns casos específicos, como para batatas.

Tabela 4. Condições ótimas para armazenamento de hortaliças

Hortaliça	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Vida de Prateleira
Alho	0 a 1	70 a 75	6-8 meses
Cebola	1 a 2	70 a 75	4-5 meses
Cenoura	0 a 1	90 a 95	4-5 meses
Repolho	1 a 0	90 a 98	3-6 meses
Batata	7 a 10	85-90	30-40 dias
Alface	0 a 1	90-95	2-3 meses
Beterraba	0 a 1	90 a 95	1-3 meses
Couve-flor	0 a 1	85-90	2-3 semanas
Tomate	12,5,13	85-90	2 semanas
Pimenta	10	95	2 semanas
Abóbora	10 a 13	95	10-14 dias
Brócolos	0 a 1	80-95	7-10 dias
Milho-doce	0 a 1	85-90	4-8 dias

Fontes: Barbosa-Cánovas *et al.* (2003); Tibana *et al.* (2000).

6.2. Recepção

Para fins industriais o controle da recepção é de grande importância tanto em termos da qualidade de produto quanto dos custos. O controle de impurezas (pedras, galhos, folhas, etc.), assim como o controle da qualidade sanitária dos materiais recebidos, tem efeito direto sobre a produção. Alguns fatores a serem observados na recepção do material são: cor, tamanho, maturidade, machucados visíveis e presença de materiais estranhos.

6.3. Padronização ou classificação

A classificação tem como objetivo principal separar a matéria-prima em diferentes grupos seja por tamanho ou qualidade, a fim

de destiná-los a diferentes linhas de produtos da própria indústria ou para diferentes equipamentos em uma mesma linha. Além disso, pode servir para separar uma parte da matéria-prima que será destinada à venda para outras indústrias que a utilizem.

Com esta etapa, obtém-se uma maior uniformidade do produto final, pela adequação da matéria prima para os métodos de preparo, tratamento e conservação. A classificação por qualidade depende da avaliação global das características dos alimentos que afetam sua aceitação como tal ou como produto a ser elaborado. Desta forma, o termo qualidade tem conotações diferentes para os distintos produtos, e a importância relativa das propriedades de um ingrediente integrante do produto final dependem de para que se destina o alimento.

A classificação pode ser manual ou mecânica. A classificação manual é mais lenta e, em geral, mais cara que a mecânica. Porém certas hortaliças como couve-flor, espargos e cogumelos não podem ser classificadas pelos sistemas mecânicos convencionais, por serem extremamente frágeis. Nesse caso, é feita uma seleção manual ou semi-manual. Além disso, geralmente a classificação compreende a avaliação simultânea de múltiplas propriedades, de tal maneira que a classificação mecânica é um problema de certa complexidade.

Os equipamentos para a classificação mecânica selecionam para uma característica principal da matéria prima, como mostrado a seguir:

- Classificação por tamanho e/ou forma: peneiras, rolos perfurados.
- Classificação por peso: flotadores (a matéria prima é colocada em água, e o material mais leve flutua, possibilitando a separação) e balanças.
- Classificação por cor: colorímetros.

6.4. Lavagem

A lavagem, o branqueamento e o descasque serão considerados em conjunto porque na maioria das vezes essas operações são realizadas simultaneamente.

Lavagem, em geral, é a primeira operação em qualquer processo com frutas ou hortaliças. Consiste na eliminação da sujeira do material antes de sua entrada na linha de processamento, evitando possível contaminação do produto processado. Deve ser feita com água limpa, o mais pura possível, e, se necessário, com a adição de hipoclorito de sódio em concentração de 1 mL a cada 100 L de água.

A lavagem pode ser realizada de três maneiras: lavagem de banho, lavagem por agitação e lavagem por aspersão ou jato.

6.4.1. Lavagem por banho ou imersão

Esta operação não é por si mesma, um meio eficiente de remover impurezas, mas é muito usada como um tratamento preliminar para eliminação do grosso da sujeira das matérias-primas. A água de lavagem de banho pode ser quente ou fria, clorada ou não, e é imprescindível que seja abundante e trocada com bastante freqüência, pois poderá transformar-se em uma maior fonte de contaminação do que de limpeza (Figura 1).

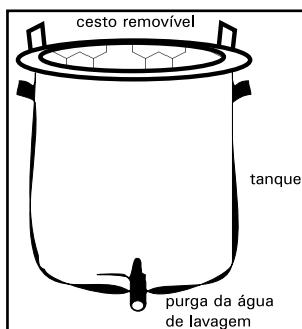


Figura 1. Tanque de lavagem por imersão com cesto.

6.4.2. Lavagem por agitação

Quando as hortaliças são agitadas na água a eficiência do processo de imersão é consideravelmente aumentada. Este tipo de lavagem pode ser realizado de diferentes maneiras:

- Movimentação da água e das matérias-primas por canais: Largamente empregado, este método é simples e eficiente. Consta de canaletas, em geral de madeira, onde os produtos a serem processados são arrastados por meio de água.
- Borbulhamento de ar comprimido: Este sistema processa uma lavagem delicada, como para cogumelos ou folhas. As hortaliças são colocadas em um tanque com água sendo feito borbulhamento pelo fundo, com ar comprimido ou, alternativamente, pela recirculação da água com bombeamento. O processo baseia-se na passagem continua da esteira por dentro de um tanque raso, preferencialmente com apenas uma camada de material. Após a lavagem, as hortaliças devem passar por uma seção de drenagem (esteira perfurada), para remoção do excesso de água.
- Tambor rotatório: Sistema altamente versátil e eficiente pode ser empregado, em alguns casos, também para descasque. Existem várias formas de construção, desde simples sistemas descontínuos até tambores múltiplos e contínuos. Estes lavadores consistem em um tambor construído com barras de madeira ou metálicas separadas de forma a reter os alimentos e deixar passar os dejetos. O tambor gira lentamente e se encontra em posição inclinada de forma a facilitar a passagem do alimento. A velocidade de rotação e o ângulo de inclinação controlam tanto o movimento dos alimentos no tambor quanto o ciclo de

lavagem. O lavador possui um tubo central de aspersão com duchas de agulheiros por onde sai a água. A abrasão que ocorre por este lavador é útil para a retirada das sujidades; no entanto, pode causar alterações em alimentos mais sensíveis.

6.4.3. Lavagem por jato ou aspersão

É um sistema bem eficiente e muito utilizado, que consiste basicamente na exposição das superfícies do alimento a jatos de água. A eficiência da lavagem por aspersão depende da pressão, volume e temperatura da água empregada, bem como da distância da aspersão em relação ao produto e do tempo de exposição. A melhor combinação, em geral, é um volume de água pequeno a uma pressão elevada. No entanto, isto pode produzir a alteração de hortaliças ou de frutas macias e maduras como o morango, por exemplo. Neste caso, utilizam-se baixas pressões para evitar maiores danos na superfície destas. Em geral, é necessário um pré-tratamento por imersão onde são feitos o amolecimento do material e a remoção da sujeira grossa.

6.5. Corte

Esta operação tem como objetivos facilitar a penetração de calor em processamento térmico, diminuir o tempo e aumentar uniformidade na secagem, melhorar a aparência e facilitar o envase.

É importante que se tenha especial cuidado com os equipamentos usados – estes devem produzir cortes limpos e claros, com o menor rompimento da célula possível. Isto significa que as facas não podem causar estragos excessivos ao tecido para que se evite modificações na cor do produto. Outro ponto a

ser observado é o rendimento do processo. Um produto deverá ser cortado de forma a se aproveitar a maior parte possível de matéria-prima.

O corte pode ser feito manualmente, com auxílio de guias para uniformidade de tamanho das peças, ou, mais comumente, pelo uso de equipamentos com lâminas adequadas para o corte de cada produto (Figuras 2 e 3).



Figura 2. Multiprocessador para corte



Figura 3. Cortador para palitos

6.6. Branqueamento ou escaldamento

O branqueamento é um processo térmico de curto tempo de aplicação, com características de pré-tratamento, pois precede o início de outros processos de elaboração industrial. Esta operação desenvolve as seguintes ações:

- Produz a inativação de enzimas que afetam a qualidade dos produtos durante e depois do processamento. A peroxidase e a catalase são as enzimas mais resistentes ao calor, de forma que sua inativação serve como indicador de um bom branqueamento;
- Auxilia na limpeza do alimento, reduzindo a quantidade de microrganismos em sua superfície;
- Amolece e incha os tecidos vegetais, para, com isso, dar massa mais uniforme ao alimento dentro do recipiente determinado;
- Amolece a pele dos vegetais que sofrerão descasque;
- Desprende os gases contidos nos tecidos vegetais, reduzindo a corrosão das latas e facilitando a obtenção de vácuo no espaço livre;
- Favorece a fixação da coloração de certos pigmentos de vegetais;
- Conduz a perda de vitaminas sensíveis ao calor (como a vitamina C e as do complexo B) e de nutrientes solúveis em água. Quando em excesso, danifica a textura.

A duração do tratamento varia com a consistência e com o tamanho do material, podendo variar de 2 a 10 minutos. Após o branqueamento, as hortaliças são resfriadas rapidamente, até a temperatura ambiente, para evitar o amolecimento excessivo dos

tecidos. O branqueamento pode ser realizado antes ou depois da operação de descasque.

Os métodos geralmente utilizados são branqueamento por imersão em água quente ou com vapor de água (Tabela 5). Cada método tem vantagens e desvantagens, como descrito a seguir.

Tabela 5. Parâmetros de branqueamento para algumas hortaliças

Hortaliça	Tempo de branqueamento (minutos)	
	Vapor	Água
Folhosas (acelga, couve, espinafre)	2 – 2,5	1,5
Abóbora	2,5	1,5 – 2
Repolho	2,5	1 – 2
Tomate	3	1
Cenoura	3 – 3,5	3,5
Brócolos	3 – 3,5	2,0
Berinjela	3,5	3
Couve-flor	4 – 5	3 – 4
Milho	5 – 6	4 – 5
Batata	6 – 8	5 – 6

Fontes: Fellows (1997); <http://edis.ifas.ufl.edu/HE526> (2004).

6.6.1. Branqueamento com água quente

É a forma tradicional de branqueamento e envolve a permanência do produto em água quente (80 a 100°C) até a inativação das enzimas, e depois em água fria. O equipamento mais comum é um recipiente metálico, aberto ou fechado, contendo água quente em seu interior.

6.6.2. Branqueamento com vapor

A sua maior vantagem está na conservação de nutrientes no produto. Para esta operação utiliza-se uma caixa fechada com um sistema de transporte mecânico para movimentação do produto que recebe um jato de vapor vivo.

6.7. Descasque

A qualidade e o melhor rendimento de produtos hortícolas para processamento dependem grandemente da técnica utilizada no descasque. Os principais métodos utilizados são: manual, pelo calor, mecânico e químico.

6.7.1. Descasque manual

Muitos sistemas ainda são realizados a mão, com o emprego de facas de aço inoxidável. Em geral, nas facas emprega-se um guia para regular a profundidade do corte. O descasque manual é mais dispendioso e sujeito a desperdícios. Porém para certas hortaliças ainda é adotado, às vezes em combinação com outros métodos.

6.7.2. Descasque pelo calor

Diversos produtos podem ser tratados por meio de calor, mergulhando-os em água quente por um período de 30 a 60 segundos, combinando branqueamento e descasque, como os tomates, beterrabas, cenouras e batatas. As batatas-doces são submetidas à pressão de vapor para afrouxar a pele que é então retirada à mão. Já os pimentões são descascados e branqueados simultaneamente pela aplicação de chama direta, sendo a pele envolvente removida também por meio manual.

6.7.3. Descasque mecânico

Existem diferentes sistemas de descasque mecânico, sendo os mais comuns os sistemas de cortes e os sistemas abrasivos. O sistema de abrasão consta de um recipiente cilíndrico contendo revestimento abrasivo nas paredes, sendo que o fundo do aparelho é móvel, contendo algumas ranhuras e elevações, também abrasivo. O movimento de rotação provoca o desgaste da casca do produto, que é constantemente esfregado contra o disco e as paredes abrasivas. Um jato de água remove os resíduos. A quantidade de casca eliminada é determinada pelo tempo de permanência na máquina descascadora.

Como neste método a abrasão é realizada apenas nas superfícies planas, as fendas, tais como os “olhos” existentes em algumas hortaliças, devem ser eliminadas manualmente ou realizando-se um processo abrasivo até que todas as imperfeições desapareçam, havendo, assim, maiores perdas de matéria-prima. O rendimento do produto descascado por este método é inferior quando comparado com os demais.

6.7.4. Descasque químico (por lixiviação)

A operação de descasque por meio de soda é bastante eficiente para uma série de produtos. Em relação ao descasque manual e em alguns casos de descasque mecânico reduz bastante o custo pelo maior rendimento, dada a pequena perda na operação (Tabela 6).

O hidróxido de sódio (NaOH) em solução a quente provoca uma separação da casca da epiderme que se localiza logo abaixo da casca (Tabela 7). O tempo de imersão normalmente é entre 30 e 90 segundos, dependendo do produto e das condições de processamento. A concentração da solução também é variável pelos mesmos fatores, mas costuma situar-se entre 1,5 e 2%. A temperatura da solução é um pouco inferior à de ebulição. Juntamente com o hidróxido de sódio, emprega-se em certos casos, o carbonato de sódio. Embora de ação menos intensa, auxilia na eliminação do NaOH na lavagem.

A remoção das cascas que permanecem ainda nas hortaliças e a eliminação dos resíduos de soda é feita pelo tratamento em tanques de água em agitação turbulenta ou em jatos de água sob pressão, ou ainda pelo sistema manual.

Tabela 6. Perdas de hortaliças no descasque

Hortaliça	Métodos		
	Manual (%)	Mecânico (%)	Químico (%)
Batata	15-19	18-28	-
Cenoura	13-15	16 18	8 10
Beterraba	1416	13 15	9 10

Fonte: Dauthy (1995).

Tabela 7. Condições de descasque químico para algumas hortaliças

Hortaliça	Concentração NaOH (%)	Temperatura (°C)	Tempo (min)
Cenoura	5	95	1-3
Batata	8-18	60	2-7
Batatas doce	12	95	3-5
Cebola	20	80	1-2
Tomate	16	90	0,5

Fonte: Arthey & Dennis (1996).

7. PROCESSAMENTO POR AQUECIMENTO

A base da preservação pelo calor é a destruição dos microrganismos deteriorantes quando estes são submetidos a uma temperatura letal. Esta temperatura varia de acordo com a espécie do microrganismo e o estado em que ele se encontra. Existem vários graus de preservação pelo aquecimento, cada um deles com vantagens e desvantagens. A seguir alguns termos serão identificados e definidos.

- Esterilização: Por esterilização entende-se a completa destruição dos microrganismos. Por consequência da resistência de certos esporos microbianos ao calor, isto convencionalmente significa um tratamento de pelo menos 121°C de calor úmido por 15 minutos em todo o alimento. Ou seja, se um alimento enlatado é esterilizado ele deve ficar dentro do equipamento a 121°C por um tempo suficiente para o calor ser transferido ao ponto central do sistema por 15 minutos. Alimentos esterilizados de acordo com boas práticas de fabricação têm validade de dois anos ou mais.

- Pasteurização: Tratamento térmico com temperaturas menores que o ponto de fervura da água (100°C). O principal objetivo da pasteurização é aumentar a vida de prateleira de um produto pela redução da carga microbiana e inativação enzimática. A pasteurização é freqüentemente combinada com outros tipos de preservação, como concentração, acidificação, etc. É utilizada principalmente para líquidos como sucos e polpas.
- Branqueamento: É um tipo de pasteurização usualmente aplicado a hortaliças. Em geral, é utilizado como uma operação de pré-processamento, já foi tratado item 6.6.

7.1. Princípios da esterilização

A esterilização, como método de conservação, pode ser aplicada a qualquer produto que tenha sido submetido a um pré-tratamento (corte, descasque) e tenha um envase adequado, fechado de forma hermética de modo a evitar a entrada de microrganismos e oxigênio após o processamento.

A esterilização é a principal operação no processamento de hortaliças em conserva ou frutas em calda, sobretudo para alimentos pouco ácidos, quando um tratamento a temperaturas inferiores a 100°C não é suficiente para a destruição de esporos de microrganismos do tipo *Clostridium botulinum* e outros termófilos prejudiciais. Emprega-se uma temperatura em torno de 121°C, conseguindo a eliminação de praticamente toda a população microbiana.

Uma vez que o calor suficiente para destruir os microrganismos também terá efeitos adversos em outras propriedades do alimento, na prática tenta-se utilizar este tratamento pelo menor tempo

necessário. Para se determinar este parâmetro, as seguintes questões devem ser respondidas:

- Qual combinação tempo-temperatura é requerida para inativar os patógenos mais resistentes ao calor de um dado alimento?
- Quais as características de penetração de calor em um alimento em particular, inclusive da lata ou do recipiente que o contém?

O pH/acidez do alimento tem, também, um grande impacto no tipo de preservação de um alimento. No Quadro 3 são listados alguns tipos de frutas e hortaliças, seu pH e as exigências de calor para sua esterilização.

Quadro 3. Exigências de calor para inativação dos microrganismos

Classe de acidez	pH	Alimento	Exigência de calor
Acidez baixa	6,0	Espinafre, beterraba, batata, milho, espargos, couve-flor, vagem, aipo	Temperaturas altas de processamento 116-121°C
	5,0	Quiabo, abóbora, cenoura	
Acidez média	4,5	Tomate, pêra, pimentão, damasco, pêssego	Temperatura de fervura da água 100°C (pasteurização)
	3,7	Chucrute, morango	
Acidez alta	3,0	Picles	

Fontes: Fellows (1997); Arthey & Dennis (1991).

7.1.1. Operações empregadas na esterilização

De uma maneira simplificada, as operações principais empregadas na preservação pelo calor podem ser descritas como segue:

- Preparação do alimento: Dependerão da matéria-prima, mas incluem limpeza, corte, seleção e branqueamento;
- Lata/recipiente: Pode ser cheia manualmente ou por equipamentos sofisticados. A razão líquido:sólido deve ser controlada cuidadosamente e o recipiente não pode ser sobrecarregado. Um espaço de 6-9 mm de altura (6-8% do volume do recipiente) acima do nível do alimento é o usual;
- Obtenção de vácuo: Pode ser conseguido pelo enchimento da lata com o produto quente, pela evacuação do ar numa câmara de vácuo ou pela injeção de vapor superaquecido no espaço livre;
- Processamento térmico: A lata cheia e lacrada deverá ser aquecida em temperatura alta e por tempo suficiente para garantir a destruição dos microrganismos. É feito usualmente em uma autoclave ou retorta, com vapor sob pressão;
- Resfriamento: As latas processadas deverão ser resfriadas em água clorada com temperatura de 37°C. Nesta temperatura o calor restante é suficiente para levar a evaporação das gotas de água do recipiente antes da rotulagem e embalagem;
- Rotulagem e embalagem: Os rótulos são colocados nas latas e estas são embaladas, conforme o caso.

7.1.2. Equipamentos utilizados

A esterilização é feita em equipamentos resistentes à pressão - as autoclaves. As autoclaves podem ser fixas ou rotativas, verticais ou horizontais, contínuas ou descontínuas, dependendo do tamanho da indústria e da variedade e quantidade de produtos a serem fabricados.

As mais empregadas são as fixas e descontínuas, do tipo vertical ou horizontal (Figura 4) e têm como características:

- Exigem trabalho durante a operação e utilização de grande massa de água e vapor de água;
- Podem receber materiais de tamanhos diferentes;
- As autoclaves do tipo vertical ocupam menos espaço, porém, para movimentos de carga e descarga, as horizontais são mais fáceis de serem manejadas.

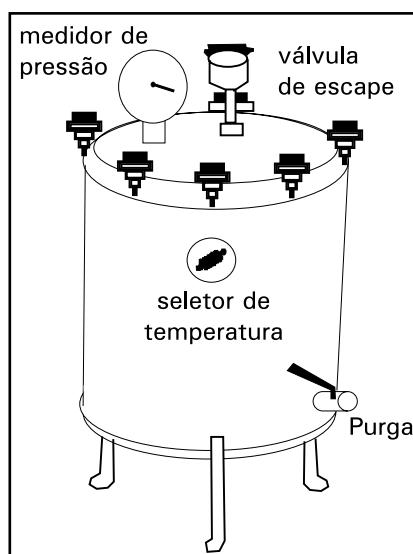


Figura 4. Autoclave descontínua (batelada) vertical.

Uma vez que a definição dos parâmetros adequados de esterilização e o controle do processo são complexos além do equipamento ser relativamente caro, este processo é pouco utilizado em condições domésticas ou artesanais. Nesses casos, a operação de conservação por calor mais utilizada é a pasteurização.

7.2. Princípios da pasteurização

A pasteurização é um tratamento térmico que elimina os microorganismos termosensíveis (todos os patogênicos e outros não esporulados) existentes no alimento. A temperatura não passa dos 100°C, podendo este aquecimento ser produzido por vapor, água quente, radiações ionizantes, calor seco, microondas, etc.

Utiliza-se a pasteurização quando os tratamentos térmicos mais elevados trazem perdas de qualidade significativas, quando os agentes microbianos responsáveis pelas alterações no alimento não são muito termorresistentes ou quando se deseja destruir agentes competitivos (ex.: antes de uma fermentação).

7.2.1. Processos de pasteurização

Existem duas categorias de processos:

7.2.1.1. Baixa pasteurização

Chamada de pasteurização LTLT (*low temperature, long time*) o tempo de pasteurização está na ordem de minutos e relacionado à temperatura usada. As combinações tempo/temperatura utilizadas neste caso são:

- 63°C a 65°C por mais de 30 minutos;

- 75°C por mais de 8 a 10 minutos.

A temperatura e o tempo de pasteurização variarão de acordo com:

- natureza do produto;
- grau inicial de contaminação;
- condições de armazenamento do produto pasteurizado;
- vida de prateleira requerida.

7.2.1.2. Pasteurização rápida, alta ou flash

Chamada pasteurização HTST (*high temperature, short time*), é caracterizada por um tempo de pasteurização na ordem de segundos e temperaturas de 85°C ou mais, dependendo do tempo de contato. A seguir, algumas combinações tempo/temperatura típicas:

- 88°C por 1 minuto;
- 100°C por 12 segundos;
- 121°C por 2 segundos.

Se, por um lado, a destruição microbiana é equivalente nos processos lento e rápido, por outro, a qualidade do produto pasteurizado a 121°C/2 segundos é bem mais alta, em relação ao sabor, cor e retenção de vitaminas. Tal processo, entretanto, requer equipamentos especiais, mais difíceis de projetar e mais caros que os de pasteurização lenta.

Levando-se em conta o tempo curto e desempenho rápido desta operação, a pasteurização “flash” só pode ser alcançada em processo contínuo, utilizando-se trocadores de calor.

7.2.2. Equipamentos

Os principais equipamentos utilizados para a pasteurização são os trocadores de calor de placas ou tubulares e o tanque de pasteurização.

8. PROCESSAMENTO PELA REDUÇÃO DA UMIDADE

Os microrganismos contêm acima de 80% de umidade e necessitam de água livre para o seu crescimento. Dessa forma, com a retirada da água de um alimento limita-se o desenvolvimento de microrganismos. As bactérias e as leveduras geralmente requerem mais umidade que os fungos. Por isso estes poderão ser encontrados em alimentos semi desidratados com mais facilidade que aquelas.

Os métodos usados para redução da umidade são a secagem (desidratação) e a concentração. A seguir serão feitas algumas considerações sobre ambos.

8.1. Preservação por secagem/desidratação

A técnica de secagem é, provavelmente, o mais antigo e um dos mais importantes métodos de preservação praticados. A remoção da água previne o crescimento e reprodução dos microrganismos e minimiza diversas reações de deterioração dos alimentos causadas pela umidade. A secagem leva a uma redução substancial de peso e volume, diminuindo os custos de embalagem, armazenamento e transporte. Por possibilitar o armazenamento do produto em temperatura ambiente e ser menos dispendiosa que a conserva e o congelamento, torna-se especialmente importante para países em desenvolvimento.

A desidratação envolve a aplicação de calor para vaporizar água e de um outro meio para remover o vapor d'água depois de sua saída dos tecidos do alimento. Conseqüentemente é uma operação na qual há a necessidade de fornecimento de energia para o calor e a aeração.

Para assegurar produtos de alta qualidade a um custo razoável, a desidratação deve ser o mais rápida possível. Quatro fatores afetam a taxa e o tempo total de secagem:

- As propriedades dos produtos, especialmente tamanho de partícula e geometria;
- Arranjo geométrico dos produtos em relação ao equipamento;
- As propriedades físicas do meio secante / ambiente;
- As características do equipamento de secagem.

Em geral as frutas e hortaliças a serem desidratadas são cortadas em pedaços pequenos ou de espessura fina. Essa redução no tamanho acelera a secagem por dois motivos:

- Grandes áreas superficiais proporcionam maior contato com o meio de aquecimento (ar) e maior superfície para a saída da umidade;
- Partículas menores ou de espessura mais fina reduzem a distância pela qual o calor tem que passar para chegar ao centro do alimento, e que a umidade tem que passar para sair do alimento.

Quanto maior a diferença de temperatura entre o meio de aquecimento e o alimento, tanto maior será a taxa de transferência de calor que gera a força motriz para remoção de umidade.

Alguns outros fenômenos que influenciam o processo de secagem são resumidos abaixo:

- Umidade do ar: Quando ar é o meio de secagem do alimento, mais rapidamente acontecerá a secagem quanto mais seco estiver o ar.
- Vácuo: Se o alimento for seco em uma câmara de vácuo, uma menor temperatura será necessária para secá-lo do que sem vácuo. Por outro lado, se for mantida a mesma temperatura, o alimento secará mais rápido no vácuo. Essa propriedade é especialmente importante para alimentos sensíveis ao calor.
- Tempo e temperatura: Como todos os métodos importantes de desidratação de alimentos empregam calor, e os alimentos são sensíveis ao calor, o estabelecimento do binômio adequado de tempo vs. temperatura é de extrema importância.

8.2. Etapas do processo

As operações necessárias em um processamento de secagem são basicamente as mesmas, e incluem operações preliminares (lavagem, corte, descasque, branqueamento, adição de conservantes, desidratação ósmotica) a secagem propriamente dita e embalagem. A seguir serão feitas algumas considerações sobre as etapas acima enumeradas.

A matéria-prima deve ser de qualidade equivalente à necessária para o uso do produto fresco. Partes estragadas e atacadas por insetos, roedores, doenças, etc. e partes com cor e aparência não uniformes deverão ser removidas. Lotes diferentes com estágios de maturidade diversos não podem ser misturados. Isso resultará em produtos secos de baixa qualidade.

Algumas espécies de frutas e hortaliças são mais adequadas para secagem que outras; elas precisam suportar a secagem natural sem que sua textura se torne rígida impedindo sua reidratação. Além disso, precisam ter forma regular, para que não se perca muito material no momento do corte.

O corte inclui a seleção das partes a serem secas e a retirada das partes indesejadas. Em seguida, o material será cortado em fatias de 3 a 7 mm de espessura, ou em cubos, rodelas, etc. É fundamental que o corte seja feito do mesmo tamanho para todo o material em um lote, pois isso afetará diretamente a qualidade do produto. Alguns produtos como batata escurecem muito rapidamente se deixados expostos ao ar após o descasque e corte. Esse tipo de material precisará ser deixado imerso em água até que se inicie a secagem.

O branqueamento antes da secagem é essencial para muitas hortaliças pela inativação de enzimas. Além disso traz as seguintes vantagens:

- Auxilia na limpeza do material e reduz a quantidade de microrganismos presentes na superfície;
- Preserva a cor natural no produto seco;
- Diminui o tempo de imersão ou cozimento na reidratação do material.

A adição de conservantes é necessária em alguns casos, como quando deseja-se melhorar a cor e manter as qualidades do produto final por mais tempo. Como regra geral, conservantes não são utilizados para cebola, alho, alho-poró e ervas. Os conservantes mais utilizados nesse caso são dióxido de enxofre, ácido ascórbico, ácido cítrico, sal e açúcar, que poderão ser empregados em soluções mistas ou isoladamente.

O tratamento com conservantes é feito após o branqueamento e o método recomendado é descrito a seguir:

- Colocar a solução de conservante no recipiente em quantidade suficiente para cobrir todo o material;
- Colocar o produto dentro de uma sacola de tecido e mergulhá-lo na solução pelo tempo especificado;
- Remover o material da sacola e colocá-lo para escorrer em uma superfície limpa. O líquido que escorre do material não pode ser reutilizado, porque alteraria a concentração da solução de conservante;

No caso de tratamento com bicarbonato de sódio, este poderá ser adicionado à água de branqueamento de hortaliças verdes. O sal aumenta o pH da água de branqueamento e previne a alteração da cor da clorofila.

A desidratação osmótica é outro pré-processamento muito utilizado para secagem. Nesta operação, o material fresco é imerso em uma solução muito concentrada de sal ou açúcar por um tempo. Durante o tratamento, o material irá perder água diminuindo o tempo de secagem, além das soluções terem um efeito de conservante da cor, aroma e textura. No item 8.4.3 este processo será descrito com mais detalhes.

8.3. Métodos e equipamentos

Existem diversos modelos de secadores e métodos de secagem, com diferentes níveis de sofisticação e custo de processo, que são usados para diversas situações. Existem três tipos básicos de secagem:

- Solar ou natural;

- A pressão atmosférica incluindo sistemas em batelada (desidratadores de cabine, bandejas, torre) e contínuos (secadores de túnel, tambor, leito fluidizado, spray e microondas);
- A pressão sub-atmosférica (desidratadores a vácuo e liofilizadores).

Para a escolha de um método de secagem alguns fatores devem ser considerados:

- Matéria-prima (forma e propriedades);
- Propriedades físicas, de cor e sabor desejadas para o produto seco;
- Condições e custos de operação.

8.3.1. Secagem natural

Os métodos de secagem natural são simples e baratos. Podem ser facilmente empregados pelo próprio produtor e em escala familiar desde que o clima do local seja quente e relativamente seco. Este método pode ser utilizado quando há um excedente de certo produto e o transporte do material fresco para outros mercados é inviável. Isso é especialmente verdade em se tratando de espécies sensíveis ao transporte e que se mantém em bom estado por tempo muito curto. A secagem estende a viabilidade do produto podendo este ser consumido até a próxima colheita.

8.3.1.1. Secagem ao sol

Os maiores problemas da secagem por exposição direta ao sol são a poeira, chuva e tempo nublado. Assim, as áreas de secagem devem ser em local limpo e com possibilidade de cobrir

o material sempre que chova. Para que se garanta a higiene do produto, o adequado é que se seque o material em estrutura construída acima do chão, em bandejas feitas para esse propósito (Figura 5). As bandejas mais comuns utilizadas possuem moldura de madeira e base em tela de náilon. Telas feitas de palha trançada também podem ser usadas mas o uso de material metálico não é recomendável, pois este descolora o produto. As bandejas são colocadas em estrutura de apoio na altura de uma mesa, para que se facilite a circulação de ar e isole o produto do solo. A área ideal deve ser exposta ao vento (desde que livre de poeira), pois isso acelera a secagem.

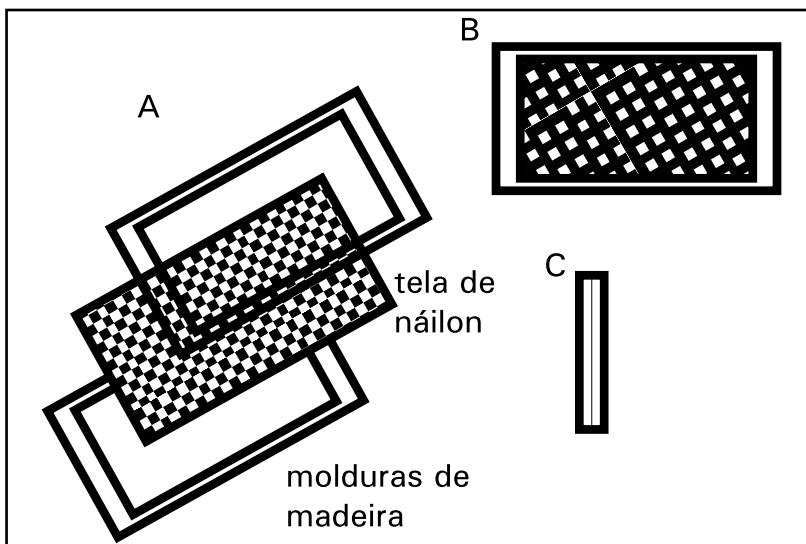


Figura 5. Exemplo montagem de bandejas para secagem (A), Vista superior (B), vista lateral (C)

Para bandejas de 80 cm x 50 cm a carga é de aproximadamente 3 kg de material úmido, disposto em uma camada. Durante o período inicial da secagem o material deve ser virado pelo menos uma vez a cada hora, para que o produto seja mais uniforme e a secagem ocorra mais rapidamente.

O material para processamento deve ser colocado no secador durante as primeiras horas do dia. À noite as bandejas deverão ser colocadas em um ambiente ventilado ou cobertos com lona. Não se recomenda o uso de plásticos para cobrir as bandejas.

8.3.1.2. Secagem à sombra

É utilizada para produtos que perdem a sua cor ou tornam-se marrons se expostos diretamente à luz solar. Produtos de cores fortes como ervas, pimentas e pimentões ficam mais atrativos se secos à sombra.

Os princípios para secagem à sombra são os mesmos que ao sol. A diferença é que o material será seco sob um teto com laterais abertas, evitando-se construções convencionais com paredes, pois isso afetará a circulação de ar. Sob condições ideais de ar seco e com boa circulação, o tempo da secagem à sombra é um pouco maior do que ao sol.

8.3.1.3. Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados na secagem natural são muito simples e, em geral, podem ser construídos pelo próprio produtor. Incluem tendas de polietileno que cobrem as bandejas, cabines e túnel. Sugere-se a construção e operação de diversas unidades pequenas, pois a multiplicidade possibilita a diversidade (mais de um produto pode ser seco ao mesmo tempo). Além disso, se um equipamento estragar o processamento vai continuar com os outros secadores, mesmo que com menor capacidade.

Existem também projetos de equipamentos combinados, que utilizam a energia solar, mas alternativamente possuem um dispositivo de aquecimento por energia elétrica ou gás como o equipamento desenvolvido pela Embrapa Tecnologia de Alimentos descrito no “Manual para construção de um secador

de frutas a nível do produtor rural" (CORNEJO *et al.*, 1991). O investimento inicial com esses equipamentos um pouco mais sofisticados em geral é compensado pela maior versatilidade (pode ser utilizado mesmo em época de chuva) e diminuição do tempo de processamento.

8.3.2. Secagem à pressão atmosférica

Em comparação com a secagem natural, a utilização de equipamentos com fornecimento artificial de calor (gás ou energia elétrica) e aeração forçada, pelos cuidados de higiene com que é efetuada, confere aos alimentos maiores índices de sanidade, assegurando-lhes um tempo de vida útil bastante prolongado, em virtude da quase total retirada de água dos mesmos.

8.3.2.1. Equipamentos utilizados

Existem diversos tipos de equipamentos, e a sua escolha vai depender de critérios como a quantidade de material a ser seco, tipo de operação (contínua ou descontínua) as características da matéria-prima (sólida ou líquida, grau de degradação com o calor), umidade final desejada. A seguir serão descritos alguns tipos de equipamentos que são utilizados em pequena escala.

- Secador de bandejas (cabine): O alimento é colocado uniformemente sobre as bandejas perfuradas, e a secagem se dá pela circulação de ar quente (2 a 6 m/s). Para a obtenção de um material uniforme deve-se alternar a posição das bandejas periodicamente. Este equipamento é polivalente e barato e normalmente é utilizado quando a quantidade de material a ser seco é pequena (Figura 6).
- Secador de túnel: Funciona como o tipo anterior, mas em operação contínua. As bandejas são colocadas em uma

esteira transportadora que passa por um túnel onde circula ar quente (2 a 8 m/s). Compreende duas seções: a primeira, onde o ar circula no mesmo sentido que o produto, e a segunda, onde o ar circula contra-corrente. Assim se consegue uma secagem inicial rápida com um conteúdo final baixo de água. Uma boa regulagem do equipamento pode proporcionar produtos de alta qualidade, com secagem rápida evitando danos térmicos ao produto. É muito utilizado na secagem de frutas e hortaliças.



Figura 6. Secador de cabine.

- Secador rotatório: Usado para produtos particulados pequenos como grãos. Consiste de um cilindro rotatório ligeiramente inclinado, onde o produto é seco a medida que avança pelo equipamento (Figura 7). O calor é fornecido pela entrada de ar quente (com velocidade baixa para não arrastar as partículas) e pelo contato com as paredes quentes do tambor. A secagem é rápida e uniforme.

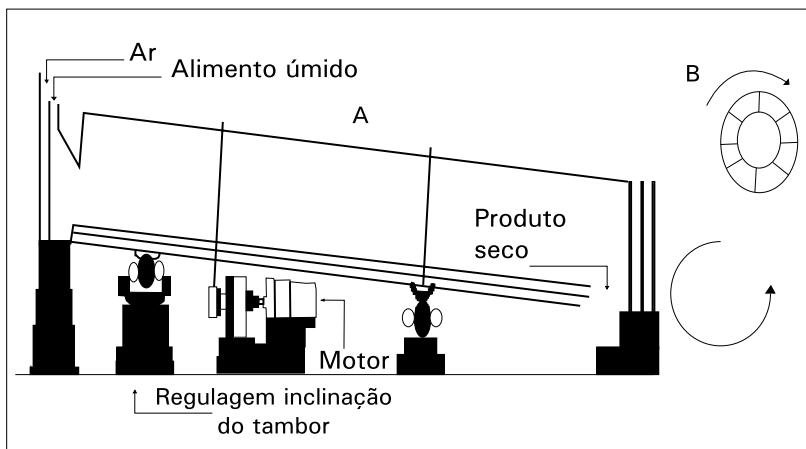


Figura 7. Secador rotatório (A. vista lateral; B. seção transversal).

– Secador de tambor: Similar ao secador rotatório, com a diferença de não possuir as aletas no interior do tambor. Coloca-se uma camada de alimento líquido no interior do tambor aquecido por ar quente. Este gira a uma velocidade mais ou menos alta (10 a 30 rpm) e a camada líquida seca depois de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de rotação. A operação é contínua e a secagem rápida. A película seca é retirada do tambor com o auxílio de uma pá raspadora. É utilizado na preparação de leite em pó, purê de batatas, farinha e alimentos infantis pré-cozidos.

8.3.3. Secagem à sub-pressão

Equipamentos como o secador de bandejas, rotatório e túnel podem operar com pressão menor que a atmosférica. O abaixamento da pressão proporciona a evaporação da água a uma temperatura mais baixa, levando a produtos de maior qualidade nutricional e sensorial. Como desvantagem, estão os custos de investimento e operação, não sendo indicada para processos a pequena escala.

8.4. Concentração

Freqüentemente na indústria de alimentos a matéria prima contém mais água do que a desejável no produto final. Considerase concentração qualquer processo de retirada parcial da água (30 a 60%) de um produto. Dessa forma, a concentração reduz o peso e volume do produto e resulta em vantagens econômicas imediatas. Além disso, em alguns casos, a concentração pode ser também, uma forma de preservação, principalmente em alimentos ácidos ou quando combinada à adição de algum conservante como sal e açúcar.

A concentração também pode levar a alterações no sabor e aparência da matéria-prima, que muitas vezes são desejáveis. Assim, um suco de fruta adicionado de açúcar e concentrado, se tornará uma geléia. Os produtos de frutas e hortaliças concentrados mais comuns incluem sucos, geléias, pasta de tomate, purês, etc.

Os processos de concentração de alimentos, assim como os de desidratação, utilizam, geralmente, o calor como ferramenta de evaporação da água. Entretanto, existem também métodos que utilizam vácuo, diferença de concentração e resfriamento. Neste capítulo serão discutidos três métodos de concentração: evaporação, fritura e desidratação osmótica.

Obviamente, os processos de concentração que expõem o alimento a 100°C ou mais por longos períodos causarão maiores modificações nas propriedades de sabor, aparência e nutricionais. O cozimento do alimento e o escurecimento são os dois resultados mais comuns induzidos pelo calor.

Outra modificação que pode ocorrer com a concentração e fortemente dependente da temperatura, é a redução de carga microbiana. À temperaturas altas, a maior parte dos microrganismos será destruída. Por outro lado, em uma concentração a vácuo, os

microrganismos não só sobreviverão como poderão se multiplicar no equipamento de concentração.

8.4.1. Evaporação

É o processo mais comum de concentração, utilizado para eliminar água de alimentos líquidos ou pastosos. Os principais equipamentos utilizados são os evaporadores, que consistem em uma câmara, dentro da qual existe um trocador de calor com aquecimento indireto que proporciona o meio de transmissão de calor ao produto por meio de vapor à baixa pressão. Eles operam de diversas formas sob diferentes configurações e os fatores básicos que afetam sua escolha são:

- Taxa de transferência de calor ao produto;
- Quantidade de calor requerida para evaporar uma certa quantidade de água;
- Temperatura máxima permitida àquele produto;
- Pressão de evaporação;
- Modificações que ocorrem no alimento durante o processamento;

8.4.1.1. Métodos e equipamentos utilizados

- Evaporação em vasos abertos: O tipo mais elementar de evaporador consiste em um vaso aberto no qual o líquido é aquecido até fervura, popularmente conhecido como tacho. O calor é fornecido por uma camisa de vapor ou diretamente pelo fogo. É um equipamento barato e de fácil operação, entretanto, as altas temperaturas e os longos tempos de concentração levam a alterações na aparência e sabor do produto. Também se deve tomar cuidados com

a mudança de viscosidade e, consequente, queima do produto próximo às paredes do recipiente, que diminuirá a eficiência da transferência de calor, diminuindo o processo de concentração. Para contornar essa situação alguns equipamentos possuem pás raspadoras ou de agitação. Apesar dos problemas acima relacionados, quando o processo é bem controlado, este tipo de evaporação é altamente recomendado para processamento em pequena escala.

- Evaporação de película descendente: Estes evaporadores possuem tubos verticais internos, dentro dos quais o líquido vai evaporando enquanto desce por gravidade. O vapor condensa por fora dos tubos, fornecendo, dessa forma, energia para a evaporação dentro dos mesmos (Figura 8). Esse tipo de equipamento é compacto e de baixo consumo de energia e, por ser adequado a líquidos sensíveis ao calor, é muito usado na indústria de alimentos.
- Evaporação flash: O evaporador flash é usado para fluidos com alta viscosidade e onde a deposição de sólidos no equipamento pode ser um problema. O líquido é aquecido e introduzido em uma câmara, onde é mantido a uma pressão mais baixa que a equivalente de saturação da água. Ao entrar na câmara, como a pressão é menor, uma parte da água vai imediatamente ferver e evaporar.
- Evaporação a vácuo: Usada para materiais sensíveis ao calor, e com alto valor agregado, uma vez que é um processo relativamente caro.

8.4.2. Fritura

A fritura é uma forma de concentração em que há a “substituição” de uma parte da água dos alimentos por gordura.

A evaporação da água ocorre devido a utilização de uma temperatura muito superior ao seu ponto de ebulação, usualmente próxima a 180°C. Durante o processo poderá ocorrer a formação de uma crosta, geralmente desejável.

A fritura apresenta a vantagem de ser um método de concentração e cocção relativamente rápido, além de, na maioria dos casos, melhorar o sabor e aparência do alimento. Os equipamentos utilizados para esta operação são as fritadeiras, que podem ser contínuas ou descontínuas (Figura 9).

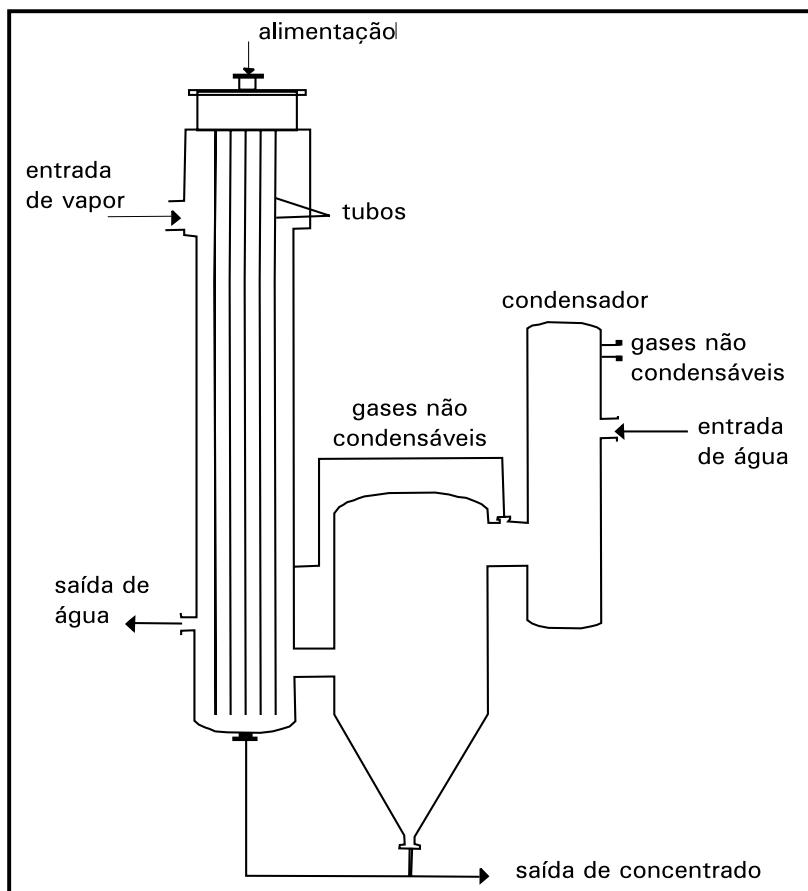


Figura 8. Funcionamento do evaporador de película descendente.



Figura 9. Fritadeira elétrica descontínua.

Em geral este método pode ser utilizado para frutas e hortaliças amiláceas (bananas, batatas, batata doce, mandioca) que são servidas como petiscos. O calor durante a fritura desnatura as enzimas e microrganismos. Se uma quantidade suficiente de água for removida e a embalagem for adequada, o produto poderá ter uma vida útil de semanas. Os principais aspectos a serem considerados no processo de fritura são:

- A matéria-prima escolhida deve ter textura firme, o que é uma boa indicação de menor umidade. No caso de frutas, elas devem estar um pouco abaixo da maturação completa.
- As operações preliminares incluem a limpeza, o descasque e o corte em fatias. Um ponto muito importante é a forma e tamanho das fatias, que irão determinar o tipo de tempo de fritura;
- As fatias devem ser lavadas em um tanque, para que sejam separadas e prevenir o escurecimento. Ácido cítrico ou

metabissulfito de sódio podem ser adicionados à água para melhorar a retenção de cor. Após a lavagem o excesso de água deve ser retirado.

– A fritura é uma etapa delicada, onde os seguintes cuidados devem ser tomados:

- O óleo usado para fritura serve como um meio de transferência de calor do foco para o produto a ser frito e, por outro lado, é um ingrediente do produto final. Assim, o uso de óleo de boa qualidade é de grande importância para o sabor, aparência e estabilidade de um alimento frito.
- A temperatura do óleo depende da matéria-prima a ser frita. Para batatas, normalmente se usa entre 180 e 200°C, com um tempo de permanência de 5 a 10 minutos.
- Imediatamente após a fritura será feita a adição de sal no produto. Isso é importante, pois a gordura vai proporcionar, nesse momento, uma maior aderência dos grãos. Também podem ser adicionados temperos em pó com outros sabores ou açúcar, dependendo do resultado desejado.
- Após a salga, será feita a inspeção visual do material frito, para que se retirem fatias fora da cor padrão, e seleção de tamanho, para que fatias maiores fiquem em pacotes com maior conteúdo.
- A embalagem deve ser feita com o material frio. Deve-se usar embalagens bem fechadas e, de preferência, opacas, pois o oxigênio e a luz aceleram o processo de rancificação.

8.4.3. Desidratação osmótica

Esta é uma técnica muito útil de concentração de frutas e hortaliças, realizada pela imersão do alimento inteiro ou em pedaços em soluções muito concentradas de sal e/ou açúcar. Com este processo ocorrem dois fluxos: uma quantidade significativa de água no interior do alimentos é transferida para a solução e o soluto é transferido para o alimento. As principais variáveis que afetam o processo são:

- Pré-tratamento: fenômenos que alteram a permeabilidade do tecido, como branqueamento, congelamento, tratamento com químicos (SO_2), favorecendo a absorção do soluto em relação à perda de água.
- Temperatura: a transferência de massa aumenta com a temperatura, mas a temperatura ideal depende do produto tratado. Acima de 45°C ocorre desnaturação de enzimas, alterando as características do alimento.
- Natureza e concentração da solução de imersão: o tipo de açúcar utilizado na solução osmótica afeta fortemente a absorção de soluto e o ponto de equilíbrio da água do produto. Açúcares de baixo peso molecular (glucose, frutose, sorbitol) são absorvidos mais facilmente. A adição de NaCl favorece a desidratação.
- Agitação: uma agitação maior favorece o processo de desidratação e absorção do soluto.

Como a desidratação osmótica não é indicada para redução de mais que 50% em peso da água, este processo é muito utilizado como pré-tratamento. Seu uso, além de diminuir custos com energia em uma secagem, melhora as características sensoriais e nutricionais do produto. No Quadro 4 são apresentados alguns parâmetros para desidratação osmótica de produtos vegetais.

Quadro 4. Parâmetros de desidratação osmótica

Fruta ou hortaliça	Tipo de corte	Tratamento
Banana	Fatias de 5 mm	2 horas, 80% açúcar, 2000 ppm SO ₂ a 70°C
Cenouras	Pedaços de 10 x 10 x 2 mm ou fatias de 5 mm	4 horas, 60% açúcar + 10% sal 4000 ppm SO ₂
Manga verde	Fatias de 8 mm	2 horas, 25% sal, 8000 ppm SO ₂
Manga madura	Fatias de 8 mm	2 horas, 60% açúcar, 8000 ppm SO ₂
Cebolas	Fatias de 2 mm	2 horas, 60% açúcar + 10% sal 4000 ppm SO ₂
Mamão	Fatias de 8 x 8 mm	4 horas, 80% açúcar 2000 ppm SO ₂ a 70°C
Morangos	Inteiros	4 horas, 80% açúcar, 4000 ppm SO ₂
Pimentão vermelho	pedaços de 6 mm	2 horas, 60% açúcar + 10% sal 4000 ppm SO ₂

Fonte: FAO (1969) citado por Dauthy (1995).

8.5. Concentração por membrana

Os processos utilizando membranas surgem como uma alternativa aos processos tradicionais de concentração. Por não envolverem mudança de fase nem a necessidade de utilizar temperaturas elevadas, apresentam como vantagem um menor consumo de energia, além da manutenção das características sensoriais e nutricionais dos produtos, uma vez que a maior parte das vitaminas presentes nos alimentos são termo-sensíveis. Entretanto, não são viáveis em pequena escala devido ao alto custo de investimento e/ou operação.

Estes processos fazem uso do mesmo princípio de funcionamento. O líquido passa sob pressão, em grande velocidade, paralelamente sobre a membrana. A membrana atua seletivamente, deixando atravessar o diluente, geralmente água, junto com determinadas moléculas que conseguem passar pelos orifícios da membrana.

- Osmose inversa: São usadas membranas mais fechadas que permitem somente a passagem da água, ficando retidos os sais, vitaminas, proteínas e gorduras, que são moléculas com estrutura bem maior. O processo consiste em aplicar, sobre uma solução, uma pressão hidráulica maior que sua pressão osmótica, promovendo a passagem do solvente da região mais concentrada para a menos concentrada. Assim, para a sua aplicação é necessária a utilização de altas pressões de operação (entre 12 a 100 atmosferas).
- Ultrafiltração: Nesta operação são utilizadas membranas que retém moléculas maiores que a água, como proteínas. Este processo necessita de pressões diferenciais bem menores que a osmose inversa, chegando a algumas atmosferas. Um importante uso dessa tecnologia na indústria de alimentos é a separação de soro de leite.

9. PROCESSAMENTO PELA REMOÇÃO DE CALOR

Os métodos de conservação por remoção de calor, em geral, são de custo alto, tanto em investimento (aquisição de equipamentos), quanto na operação (custo de energia). Por isso, neste livro, estes serão apenas definidos, não se discutindo os detalhes de sua operação.

9.1. Refrigeração/resfriamento

Este processamento consiste no abaixamento da temperatura do produto, para retardar as reações químicas e a atividade enzimática, bem como para inibir o crescimento e a atividade dos microrganismos nos alimentos. A refrigeração é normalmente utilizada como operação suplementar a alguma outra forma de conservação.

Entre os métodos utilizados, pode-se mencionar o resfriamento a ar, resfriamento a vácuo (ao evaporar, a água provoca o resfriamento do produto) e resfriamento a água (hidro-resfriamento). A temperatura é normalmente entre 5 e 10°C, e vai variar em função do produto e do tempo de prateleira desejado.

9.2. Congelamento

O principal objetivo do congelamento é a conservação do produto em condições de oferecer uma qualidade desejável para o consumo. Esta conservação ocorre pela transformação da água presente no alimento para o estado sólido. O congelamento é utilizado para:

- Retardar as reações químicas e a atividade enzimática;
- Retardar ou inibir o crescimento e a atividade dos microrganismos nos alimentos.

Um congelamento bem feito não provoca grandes variações dos elementos nutritivos de um alimento. No caso das hortaliças, a velocidade do congelamento é um fator muito importante a ser considerado, pois quanto mais rápido for o congelamento menores serão os danos causados no alimento.

Para levar o produto à temperatura desejada são empregados os chamados congeladores, onde os mais amplamente utilizados são classificados em:

- Circulação Forçada de Ar: baseados no princípio de transferência de calor por convecção. Utilizam ar a alta velocidade (3 a 8 m/s) e baixa temperatura (-30 a -45°C) e são construídos nas mais diferentes formas;
- Placas: o sistema é baseado na transferência de calor por condução entre o produto e a superfície de duas placas metálicas entre as quais é disposto o produto. No interior destas placas é circulado refrigerante a baixa temperatura, usualmente a -35°C;
- Criogênico: este método envolve a exposição do produto a uma atmosfera abaixo de -60°C, para o que é utilizado nitrogênio líquido ou dióxido de carbono. As temperaturas de evaporação são de -195°C e -78°C a pressão atmosférica, respectivamente;
- Imersão: neste método ocorre a imersão direta dentro do meio refrigerante ou a pulverização do líquido sobre o produto.

10. PROCESSAMENTO PELA ADIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Os alimentos podem ser conservados pela adição de anti-sépticos, em concentrações suficientes para impedir o desenvolvimento de microrganismos. A preservação de alimentos pelo uso de substâncias químicas baseia-se na interação de propriedades químicas do conservante (composição, acidez, atividade de água) e fatores extrínsecos (temperatura de processamento e de armazenamento, embalagem, tipo de processamento), de modo a diminuir a quantidade necessária de conservante utilizado.

Os conservantes químicos são aplicados aos alimentos como aditivos diretos durante o processamento ou desenvolvidos

durante a fermentação. Alguns conservantes têm sido utilizados por séculos intencionalmente ou accidentalmente e são os chamados conservantes naturais (açúcar, sal e ácido acético).

- Aditivos químicos: São os mais ativos, adicionados aos alimentos em quantidades muito baixas (até 0,2%). Devem não alterar ou alterar muito pouco as propriedades físico-químicas dos alimentos.
- Açúcar: Usado em concentrações maiores que 60% pode conservar, permanentemente, a maioria dos alimentos, como em geléias e compotas. Atua por osmose e pela diminuição da atividade de água do sistema.
- Cloreto de sódio (NaCl): Agindo por osmose e como tóxico para os microrganismos, é muito mais eficiente que o açúcar. Concentrações de 15% de NaCl já são suficientes para conservar a maioria dos produtos alimentícios.
- Ácido acético: Age como tóxico para os microrganismos, e nesse sentido, é mais eficiente que o sal. Cerca de 2% de ácido acético é, geralmente, uma concentração eficiente para conservação de alimentos. A acidificação pode ser feita artificialmente ou naturalmente por processos fermentativos. Este último método será discutido no próximo capítulo – Preservação Bioquímica.

10.1. Aditivos químicos

Atualmente, com o avanço da indústria química, há uma grande disponibilidade de substâncias aprovadas para serem utilizadas nos alimentos com diversas finalidades, dentre elas a conservação. No Brasil, os conservantes, bem como a sua

concentração máxima permitida para uso em alimentos é dada pela Resolução n.º 4, de 24 de novembro de 1988.

Quatro pontos devem ser considerados no uso de conservantes químicos:

- Seu uso deve ser estritamente limitado àquelas substâncias reconhecidas por não apresentarem efeitos nocivos à saúde;
- Devem ser utilizados em concentrações dentro da legislação pertinente;
- Só podem ser utilizados ANTES da deterioração começar.

A seguir serão descritos os principais conservantes utilizados na indústria alimentícia, especialmente no processamento de produtos vegetais.

10.1.1. Ácido benzóico e seus sais

Ocorrem naturalmente em certos alimentos (ameixa, amora). O sal, benzoato de sódio, é mais utilizado devido a sua solubilidade. Seu uso é limitado a produtos ácidos (de preferência com pH menor que 4,0), como por exemplo na conservação de concentrados de frutas para refrigerantes (0,1%), conservas vegetais (0,1%), sucos de frutas (0,1%) e refrigerantes (0,035%).

10.1.2. Ésteres de ácido para-hidro-benzóico

Têm ação semelhante ao ácido benzóico e podem ser usados em conservas vegetais (até 0,1%).

10.1.3. Ácido sórbico e seus sais

Os sais de ácido sórbico são muito usados para controlar o crescimento de fungos. Além de atuarem sobre os bolores e leveduras, controlam o crescimento de certas bactérias. São muito usados pelo sabor mais suave e maior alcance de pH (até 6,5) quando comparados aos benzoatos e propionatos. São usados em doces em massa, sucos de frutas, picles, geléias e queijos, em concentrações de até 0,1%.

10.1.4. Dióxido de enxofre e derivados

A legislação permite o uso de até 0,01% de dióxido de enxofre em picles e molhos. Pode ser aplicado na forma de gás (SO_2) ou sais, como sulfitos e metabissulfitos. Inativa certas enzimas, diminuindo o escurecimento do produto, além de inibir o crescimento de leveduras e fungos em meio ácido.

10.2. Açúcar

O princípio desta tecnologia é adicionar açúcar ao alimento em quantidade necessária para incrementar a pressão osmótica da fase líquida do produto a um nível que impeça o desenvolvimento de microrganismos. De modo geral, uma concentração de açúcar de 60% no produto final é suficiente para assegurar sua conservação. Exemplos de produtos formulados com o uso de açúcar como principal conservante são os doces em calda e geléias.

10.2.1. Geléias e marmeladas

A preservação de frutas pela manufatura de geléia é um processo familiar, feito em pequena escala por donas de casa

em todo o mundo. Na fabricação industrial, o controle de qualidade é bem mais complexo, principalmente para se garantir a uniformidade do produto. As operações unitárias envolvidas, entretanto, são basicamente as mesmas.

Segundo a legislação brasileira (ANVISA, 1978), “Geléia de fruta é o produto obtido pela cocção, de frutas, inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até consistência gelatinosa”.

A formação do gel característico é dependente da presença de pectina na fruta, a qual, em pH entre 3,2 e 3,4 e alta concentração de açúcar tem a propriedade de formar um semi-sólido viscoso. Em alguns casos, faz-se necessária a adição de pectina no sistema.

O fluxograma básico na preparação de geléias passa pelas seguintes etapas:

- Pré-processamento: pesagem, lavagem, descasque e corte da matéria prima;
- Pesagem do material;
- Aquecimento da matéria prima com igual peso em açúcar até a ebullição (agitação constante);
- Adição de pectina, se necessária;
- Resfriamento até 85°C;
- Enchimento dos vidros de embalagem;
- Fechamento dos vidros após a completa geleificação.

10.2.2. Frutas em calda

“Doce de fruta em calda é o produto obtido de frutas inteiras ou em pedaços, com ou sem sementes ou caroços, com ou sem

casca, cozidas em água e açúcar, envasados em lata ou vidro e submetido a um tratamento térmico adequado". (ANVISA, 1978).

Como colocado na definição, neste caso, o uso do açúcar é feito no preparo da calda para produtos enlatados. A calda contém entre 30 e 65% de açúcar, conforme o produto.

10.3. Cloreto de Sódio (NaCl)

O NaCl é usado para dar ao produto final um sabor específico salgado e como substância conservante. Entretanto, essa prática é rara, pela dificuldade de remoção do sal e a baixa aceitabilidade de alimentos muito salgados. O principal uso desse conservante é no preparo de salmouras fracas na preparação de produtos enlatados, com uma concentração de 1,5 a 2% de sal.

10.4. Ácido acético

Diversas hortaliças são utilizadas em conservas ácidas pela adição de vinagre e condimentos. Essa tecnologia é baseada na adição de ácido acético alimentício ao alimento.

As hortaliças conservadas em vinagre devem atingir, após o equilíbrio do vinagre com a água da matéria prima, uma concentração de 2 a 3% para garantir sua preservação. Para atingir esta concentração, é usada uma quantidade de 6 a 9% de vinagre. Na fabricação de picles, também são adicionados sal (2-3%) e açúcar (2-5%).

O principal produto obtido por esta tecnologia é o pepino em conserva. Também é comum o uso de conservas feitas com cogumelos, misturas de hortaliças, cenouras, cebolas e pimentas.

As principais etapas de processamento, são:

- Pré-processamento: corte e limpeza;
- Enchimento da embalagem: a matéria-prima crua é colocada dentro do vidro e arranjada de maneira que caiba o maior número de pedaços possível dentro da embalagem;
- Adição do vinagre: feita normalmente em temperatura ambiente. Entretanto, o uso de vinagre quente melhora a esterilidade do produto e facilita a penetração do mesmo nos tecidos vegetais;
- Adição de sal, açúcar e condimentos

O ciclo tecnológico da acidificação artificial é considerado completo quanto a concentração do ácido acético alcança equilíbrio; o tempo necessário é de cerca de duas semanas. Se no equilíbrio a concentração de ácido acético for menor que 2%, o produto é submetido à pasteurização de 90-100°C por 20 minutos.

11. PROCESSAMENTO BIOQUÍMICO - FERMENTAÇÃO

Os diversos métodos de conservação descritos até aqui são baseados na aplicação de calor, frio, adição de conservantes, remoção de água e outros princípios. Todos eles têm em comum o objetivo de diminuir a carga microbiana no alimento, ou ao menos, mantê-los estáticos.

Em contraste, os processos fermentativos para propósito de preservação levam ao aumento de microrganismos e de suas atividades metabólicas nos alimentos. No entanto, os organismos utilizados são de um grupo seletivo e suas atividades metabólicas levam à transformações desejáveis.

Pode se definir fermentação como um processo onde existem trocas químicas em um substrato orgânico pela ação das enzimas elaboradas por certos tipos de microrganismos. As fermentações podem ser classificadas:

- Quanto ao substrato a ser fermentado: açúcares, celulose, pectina, albumina;
- Quanto ao produto da fermentação: álcool (fermentação alcoólica), ácido acético (fermentação acética), ácido láctico (fermentação láctica), ácido cítrico (fermentação cítrica), vitaminas, antibióticos, glicerina, acetona, etc.
- Quanto ao microrganismo: bactérias, leveduras, fungos.

Destas fermentações, são particularmente importantes na conservação de alimentos a alcoólica, a acética e a láctica. Dessa forma, neste capítulo, serão descritos estes três tipos de fermentação. Para hortaliças o processo mais importante, é, sem dúvida, a produção de picles, que será tratada com maior detalhamento em seguida.

11.1. Processos fermentativos na tecnologia de alimentos

11.1.1. Fermentação alcoólica

É a oxidação anaeróbia parcial da glicose, mediante a ação de leveduras, com a produção final de álcool etílico e anidrido carbônico, além de outros produtos secundários. É um processo de grande importância, pelo qual obtém-se álcool industrial, bebidas alcoólicas destiladas ou não e, como produto secundário, gás carbônico. É também utilizado na panificação e na obtenção de leveduras prensadas.

O substrato utilizável na fermentação alcoólica varia com as características agrícolas da região e com a finalidade da fermentação alcoólica. Pode ser agrupada como segue:

- Sacarinas: nas quais figuram a glicose e a levedura (melaço, uso de uvas, suco de frutas, mel e outras), e a sacarose (caldo de cana). Neste caso, a sacarose é hidrolisada por uma exo-enzima, sacarose, produzida pela levedura.
- Celulósicas: a celulose da madeira pode, eventualmente, ser utilizada na fermentação alcoólica, necessitando, porém, ser hidrolisada por via química, com a ação de temperatura e ácidos fortes.
- Amiláceas: tais como a mandioca, batata, milho, arroz, trigo, e outros cereais, utilizados na produção de álcool fino, cerveja, e certas bebidas destiladas. Há que se considerar que as leveduras não produzem amilase, para a hidrólise do amido. Consequentemente, tais substâncias têm que sofrer uma operação prévia de sacarificação, para ficarem em condições de serem utilizadas pelas leveduras. Essa sacarificação ou hidrólise do amido, pode ser puramente química, por ação de ácidos fortes, como na produção de álcool de mandioca ou batata. Entretanto, na obtenção de bebidas como a cerveja, o uísque, o sakê e outras, o amido é hidrolisado, pela ação enzimática.

11.1.1.1. Agentes de Fermentação Alcoólica

As leveduras, de um modo geral, são capazes de desdobrar a glicose, com produção de álcool etílico e gás carbônico. Entretanto, o número de espécies envolvidas na fermentação industrial é bastante reduzido. A escolha da levedura empregada na fermentação, depende do substrato, do teor alcoólico desejado

no produto final, da duração da fermentação, das propriedades do produto e outros fatores. As mais importantes são:

- *Saccharomyces cerevisiae*: utilizada principalmente na produção de álcool comum, aguardente, cerveja e outras bebidas e na panificação;
- *Saccharomyces ellipoideus*: utilizadas na produção de vinho de uva.

11.1.1.2. Fatores que Afetam a Fermentação

Entre os vários fatores ambientes que afetam a fermentação cita-se:

- Temperatura: variável de acordo com o tipo e a finalidade do processo. Assim, o ótimo para a produção de álcool, aguardente, vinho e outros produtos se situa entre 26 e 32º C, ao passo que, para a cerveja, está entre 6 a 20ºC;
- pH do mosto: também variável entre 4,0 e 4,5 para a produção de álcool e entre 4,0 e 6,0 para a cerveja. O pH baixo inibe o desenvolvimento de bactérias contaminantes, sem prejudicar o desenvolvimento das leveduras.
- Concentração da matéria prima: apesar da levedura suportar concentrações de açúcar em torno de 22 a 24%, nos processos industriais a concentração é variável de acordo com a finalidade do processo: situa-se entre 12-14% no melaço para a produção de álcool; entre 6-9% para a produção de cerveja; e entre 22-24% no suco de uva para obtenção de vinho.

- Teor alcoólico do produto: depende do teor inicial em açucares. Acima de cerca de 12% no mosto em fermentação inibe o desenvolvimento da própria levedura.
- Oxigênio: em anaerobiose, o rendimento em álcool é maior, uma vez que há oxidação total da glicose;
- Elementos minerais: algumas matérias-primas requerem a adição de substâncias minerais, principalmente P e K (geralmente adicionados sob a forma de K_2HPO_4), para suprir as necessidades da levedura.

11.1.2. Fermentação acética

Consiste na oxidação parcial aeróbia do álcool etílico, com produção de ácido acético. Esse processo é utilizado na produção de vinagre comum e do ácido acético industrial. Desenvolve-se também na deterioração de bebidas de baixo teor alcoólico e na de certos alimentos.

Na fermentação acética, a matéria prima é constituída de líquido alcoólico com 10% de álcool (vinho de uvas, vinho de frutas, álcool ou aguardente diluídos). Maior porcentagem de álcool tem efeito inibidor sobre a bactéria, impedindo a fermentação.

11.1.2.1. Legislação

Segundo o Decreto nº 99.066 de 8 de março de 1990, fermentado acético “é o produto obtido da fermentação acética do fermentado alcoólico de mosto de frutas, cereais ou de outros vegetais, de mel, ou da mistura de vegetais, ou ainda da mistura hidroalcoólica, devendo apresentar acidez volátil mínima de 4,0 (quatro) gramas por 100 mililitros, expressa em ácido acético,

podendo ser adicionado de vegetais, partes de vegetais ou extratos vegetais aromáticos ou de sucos, aromas naturais ou condimentos”.

11.1.2.2. Agentes Fermentativos

A fermentação acética é desenvolvida por 19 espécies principais de *Azotobacter* (*Pseudomonadaceae*, *Pseudomoradales*) além de vários outros gêneros. As mais importantes são *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianum*, *A. acетосум*, *A. kuntzegianum*.

11.1.2.3. Mecanismo de Fermentação

A transformação do álcool em ácido acético se dá em duas etapas. Inicialmente ocorre um processo anaeróbio onde o etanol é oxidado e se transforma em aldeído acético. Em seguida, ocorre a oxidação do acetaldeído acético a vinagre. Esta etapa é feita por bactérias acéticas em meio aeróbio.

Além do ácido acético são produzidas pequenas quantidades de outros produtos como glicerol, ácido succínio, outros álcoois, outros ácidos orgânicos, cetonas e ésteres. Se a fermentação não for completa, o acetaldeído será um composto secundário predominante, tendo o inconveniente de provocar aspereza no vinagre, juntamente com outros aldeídos.

11.1.3. Fermentação láctica (acidificação natural)

Consiste na oxidação anaeróbia, parcial de hidratos de carbono, com a produção final de ácido láctico além de várias outras substâncias orgânicas. É processo microbiano de grande importância utilizado pelo homem na produção de laticínios, (queijos, manteiga, coalhada, etc.), na produção de picles

e chucrute e na conservação de forragens (ensilagem) para alimentação animal.

Além da lactose, as bactérias lácticas são capazes de utilizar a glicose, sacarose, maltose e outros hidratos de carbono. Industrialmente, o soro de leite, o melaço, milho, batata e outros produtos são passíveis de serem utilizados como matéria prima para a produção do ácido láctico.

11.1.3.1. Agentes fermentativos

A fermentação láctica é desenvolvida por muitas bactérias. As que apresentam importância industrial são pertencentes à família *Lactobacillaceae* (*Eubacteriales*): bactérias esféricas ou em bastonetes, caracteristicamente Gram (+) e anaeróbicas ou microaerófilas, imóveis. As mais comuns são *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *L. leschmanii*, *L. delbrueckii*, *L. acidophilus*.

11.1.3.2. Mecanismo de fermentação lática

A oxidação parcial anaeróbia da lactose, e de outros açúcares, desenvolve-se em várias fases, dando origem a diversos produtos finais, entre os quais o ácido láctico. A primeira fase consiste na hidrólise da lactose. Posteriormente, os monossacarídeos são oxidados.

O mecanismo da fermentação varia, em seus detalhes, principalmente com a espécie de bactéria envolvida no processo. Nesse particular, elas são divididas em dois grupos:

- Bactérias homofermentativas: capazes de converter a maior parte do hidrato de carbono em ácido láctico, com um rendimento da ordem de 90 a 95%, com pequena proporção de produtos secundários;

- Bactérias heterofermentativas: sua ação sobre os hidratos de carbono resulta em cerca de 50% de ácido láctico e 50% de outras substâncias (ácidos voláteis, álcoois, aldeído, CO₂, etc.).

11.2. Produção de picles fermentados

A fermentação láctica é utilizada na conservação de alimentos como meio exclusivo de preservação ou como tratamento preliminar para o preparo de picles em vinagre. Picles, azeitona e chucrute são os mais importantes produtos de origem vegetal em que a fermentação láctica toma parte.

Os picles podem ser agrupados em quatro categorias:

- Picles preparados diretamente das hortaliças, sem fermentação;
- Produtos fermentados em salmoura de concentração baixa;
- Hortaliças fermentadas em salmoura de concentração relativamente alta, para posterior dessalga e transformação em outro tipo de picles;
- Produtos preparados pela salga “seca”, como o chucrute.

A maioria das firmas especializadas na fabricação de picles utiliza o método em que nenhum tipo de fermentação se desenvolve. Os picles são obtidos pela imersão de hortaliças em vinagre condimentado, tendo-se como tratamento preliminar apenas o branqueamento. Entretanto, o picles preparado com matéria-prima fermentada possui sabor agradável e é reputado de qualidade superior à do que é normalmente encontrado

no mercado. Dessa forma, para produção em pequena escala, a fermentação pode ser uma alternativa de diferenciação do produto.

O valor nutritivo dos alimentos fermentados é muito pouco alterado e compara-se aos demais métodos de preservação. Ocorrem pequenas mudanças nos valores energéticos, de minerais e vitaminas. Em várias circunstâncias, os níveis nutricionais são aumentados devido à presença de leveduras. Desta forma, os alimentos fermentados preservam muitas das qualidades nutritivas das hortaliças frescas. As características de sabor, aroma e textura das hortaliças fermentadas, dependem não somente da sua própria natureza, como também das mudanças resultantes das atividades das enzimas microbianas, das enzimas do próprio alimento e das interações que ocorrem durante a fermentação e subsequente cura e envelhecimento. Como ocorrem inúmeras mudanças durante a fermentação, é evidente que grandes variações podem ser obtidas no produto final, com a possibilidade dos produtos serem de qualidade inferior. Isso pode ser evitado controlando-se a fermentação com técnicas adequadas.

11.2.1. Tecnologia da produção de picles fermentados

Existem dois processos principais na produção de picles fermentados: o da salmoura e o da salga seca. O primeiro é aplicado para a maioria das hortaliças, principalmente o pepino; o segundo é aplicado para o repolho, obtendo-se como produto o chucrute.

Em ambos, a adição de sal serve para carregar o conteúdo celular após o corte, facilitando o desenvolvimento de microrganismos responsáveis pela fermentação; para evitar o crescimento de microrganismos indesejáveis e para melhorar a consistência do produto.

O processo básico de produção de hortaliças fermentadas tem se mantido o mesmo durante anos, e a seguir as principais variáveis dos dois métodos (salmoura e salga seca) serão descritas.

11.2.1.1. Método da salmoura

- Matéria prima: As principais hortaliças usadas em picles são: pepino, cenoura, couve-flor, chuchu, nabo e vagem. Em geral, as hortaliças para esta finalidade devem apresentar coloração uniforme, serem tenras e acharem-se em ótimas condições de conservação. No caso do pepino, os de pequeno tamanho são os mais indicados;
- Pré-processamento: recepção, controle, descasque (se necessário) e lavagem;
- Preparação da salmoura: de 6% a 10% de NaCl. A adição de 1000 ppm de sorbato de potássio na salmoura de evita o crescimento de fungos, sem afetar a fermentação láctica;
- Fermentação: efetuada em tanques de madeira, concreto ou aço inoxidável, cobertos por uma tampa de madeira com pesos para impedir a entrada de ar. As hortaliças são cobertas com a salmoura, e a fermentação ocorre a 18-28°C, anaerobicamente. Esta etapa demora de 4 a 8 semanas e deve-se corrigir a concentração de NaCl para que se mantenha constante. A acidez chega a 1,5% de ácido láctico (com máximo de 2,0%) o que corresponde a um pH de 4,1;
- Dessalga: O sal precisa ser retirado da matéria-prima por imersão em água, antes de colocá-la em vinagre. Isto pode ser feito cobrindo as hortaliças com água quente e elevando a temperatura da mistura à 45-55°C, deixando-as

nessa solução por 10 a 14 horas. Essa operação é repetida mais uma ou duas vezes;

- Embalagem: o fermentado é normalmente embalado em frascos de vidro numa proporção em peso de 1,8:1 (salmoura:hortaliça) tampados e posteriormente pasteurizados;
- Armazenamento: O produto deve ser armazenado a temperatura menor que 15°C, para uma vida de prateleira de 12 meses.

11.2.1.2. Método da salga seca (chucrute)

– Matéria prima: São usadas apenas cabeças firmes e sadias de repolho. Estas serão armazenadas durante vários dias em lugar fresco e arejado, para permitir um amolecimento das folhas, o que evita o quebramento do repolho no corte e facilita a fermentação. As folhas externas são removidas à mão e o centro mais duro e fibroso é retirado com facas curvas especiais e então, o repolho é cortado em fatias finas (de 2 a 3 mm);

– Salga: Emprega-se normalmente 2,5 a 3% de sal em relação ao peso da matéria prima, que é misturado ao repolho cortado, em camadas, à medida que o tanque ou outro recipiente vai sendo enchido;

– Fermentação: É efetuada em tanques de madeira, concreto ou azulejados, com falsa tampa de madeira onde se colocam pesos para exercer pressão sobre o repolho. A pressão e o sal possibilitam a extração do suco do repolho e a imediata formação de salmoura que o cobre totalmente. Os microrganismos se desenvolvem rapidamente e há um grande desprendimento de gás nos primeiros estágios da fermentação. A temperatura ótima para fermentação é de 18 a 21°C. A acidez aumenta rapidamente durante a

fermentação que dura de 1 a 4 semanas e freqüentemente atinge 1,8%, em ácido láctico (pH menor que 4,1);

- Embalagem e armazenamento: O chucrute é normalmente embalado em frascos de vidro tampados e pasteurizados. Se armazenado a temperatura menor que 15°C, sua duração é de 6 meses, enquanto em temperatura até 20°C é de 2-3 meses;
- Observação: Também pode ser feito chucrute de alface, que possui sabor mais suave, utilizando o mesmo procedimento; Também pode ser feito chucrute de alface, que possui sabor mais suave, utilizando o mesmo procedimento;

12. OPERAÇÕES FINAIS

12.1. Embalagem

Os mais diversos tipos de embalagem são atualmente utilizados para alimentos, principalmente os de metal, vidro ou materiais flexíveis com filmes plásticos de multi-camada.

A escolha de um determinado tipo de embalagem deve ser feita de acordo com suas características e necessidades do produto. A seguir serão enumerados os principais materiais usados em embalagem e suas principais vantagens e desvantagens.

12.1.1. Vidro

Vantagens:

- Não reativo com os alimentos;
- Não acessível a contaminação externa;

- Transparente, possibilitando que o conteúdo seja visto pelo consumidor;
- Compatível com microondas e, em alguns casos, com cozimento convencional;
- Resistente à degradação com o tempo;
- Preço razoável;
- Possibilidade de reutilização, em alguns casos.

Desvantagens:

- Relativamente pesado por unidade de embalagem;
- Sujeito à quebra;
- Pode levar a problemas de disposição.

12.1.2. Papel

Vantagens:

- Pode ser resistente, sem perda de flexibilidade;
- É leve por unidade de embalagem;
- Boa superfície para impressão (dispensa rótulo);
- Geralmente barato.

Desvantagens:

- Aplicabilidade restrita, quando usado sozinho, pois não oferece proteção mecânica ou de impermeabilidade ao alimento.

12.1.3. Metais

Vantagens:

- Alimentos podem ser esterilizados dentro da embalagem;
- Proporciona excelente proteção;
- Latas de alumínio são leves, fáceis de manusear e eficientemente recicláveis;

Desvantagens:

- Dependendo do tipo de alimento, o metal poderá interagir com o conteúdo.

12.1.4. Plásticos

Vantagens:

- São leves e relativamente resistentes;
- Facilmente fechados;
- Há inúmeras formas e arranjos de embalagens rígidas, semi-rígidas e flexíveis;
- Podem ser seletivos à passagem de oxigênio, vapor d'água e certas substâncias químicas;
- Podem ser transparentes, ou não, de acordo com a necessidade;
- Podem ser usadas juntamente a filmes metálicos;
- Compatíveis com microondas.

Desvantagens:

- Certos tipos de plásticos podem conferir gosto ou odor a alguns alimentos;

- Dependendo do tipo de alimento, o plástico poderá interagir com o conteúdo;
- Podem ser um problema ambiental por serem altamente resistentes à degradação;
- Podem ser muito caros.

12.2. Rotulagem

Uma rotulagem adequada requer pesquisa, planejamento e consulta a diversas fontes de informação. O rótulo ideal é educativo, fácil de entender e de acordo com as exigências legais.

Antes de esboçar um rótulo, a empresa deve saber:

- Todas as regiões onde o produto será vendido;
- Quais informações seriam úteis aos consumidores;
- Cores e desenhos adequados ao público alvo;
- Como será feita a aplicação do rótulo na embalagem;
- Qual o material adequado para a aplicação do produto (geladeira, congelador, forno);
- Exigências legais para a rotulagem do produto.

No Brasil, a Política Nacional de Alimentação e Nutrição, definiu a rotulagem nutricional como uma das estratégias para a redução dos índices de sobrepeso, obesidade e doenças crônico degenerativas associadas aos hábitos alimentares da população. Dessa forma, em março de 2001, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA publicou as Resoluções RDC n.º 39 – Tabela de Valores de Referência para Porções de Alimentos e Bebidas

Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional e RDC n.º 40 – Regulamento Técnico para Rotulagem Nutricional Obrigatória de Alimentos e Bebidas Embalados.

Com intuito de dar apoio técnico às indústrias de alimentos, especialmente às pequenas e micro empresas, a ANVISA publicou um manual realizado em conjunto com a Universidade de Brasília – UnB, como um instrumento de auxílio na elaboração e implementação da Rotulagem Nutricional. Esta publicação está disponível, gratuitamente, no site da Anvisa, no seguinte endereço: http://www.anvisa.gov.br/rotulo/manual_industria.pdf. Também neste site estão disponíveis alguns modelos de rótulos dispostos por grupos de alimentos (<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/rotulos/rotulos.htm>).

12.3. Estocagem

Após o término do processamento, a etapa de estocagem é fundamental para a manutenção da qualidade do produto alimentício, principalmente no caso de produtos preservados pelos processos de refrigeração.

A estocagem deve durar o menor tempo possível na empresa e, quando associada a uma expedição correta e organizada, garantir a entrega do produto com a máxima qualidade.

O controle das condições de estocagem é muito importante para evitar a deterioração, que pode ser causada por três tipos de mecanismos:

- organismos vivos: microrganismos, insetos, vermes;
- atividade bioquímica: respiração, oxidação, etc.;
- processos físicos: quebra de embalagem, cristalização ou outros.

Para alguns produtos, como por exemplo o vinho, esta etapa não apenas mantém, mas serve para melhorar a qualidade do produto, num processo chamado de maturação, ou envelhecimento.

Os principais fatores a serem controlados durante a estocagem são a temperatura, a umidade e a atmosfera do armazém. Além destes, fatores como manuseio, condições de empilhamento e transporte, também colaboraram para manter a qualidade do produto final.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ARAÚJO, J.M. **Química de Alimentos:** Teoria e Prática. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 1999.

ARTHEY, D. & DENNIS, C. **Vegetable Processing.** Glasgow: Ed Chapman & Hall, 1996.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; FERNÁNDEZ-MOLINA, J.J.; ALZAMORA, S.M.; TAPIA, M.S., LÓPEZ-MALO, A. & CHANES, J.W. **Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas.** Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003.

BATES, R.P.; MORRIS J.R. & CRANDALL, P.G. **Principles and practices of small - and medium - scale fruit juice processing.** Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001.

BATTCOCK, M. & AZAM-ALI, S. **Fermented fruits and vegetables:** A global perspective. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à Química de Alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, 2001.

BOBBIO, PA; BOBBIO, F.O. **Química do Processamento de Alimentos.** 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

CAPLICE, E. & FITZGERALD, G.F. Food fermentations: role of microorganisms in food production preservation. **International Journal of Food Microbiology**, 50, 131-149, 1999.

CHEFTEL, J.C. & CHEFTEL H. **Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos.** Vol. 1 e 2. Zaragoza: Editorial Acribia, 1976.

CORNEJO, F.E.P.; PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I.; MAIA, M.L.; PONTES, S.M. & SILVA, C.S. da. **Manual para construção de um secador de frutas a nível de produtor rural.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 1991.

CRUESS, W.V. **Produtos industriais de frutas e hortaliças.** Vol. 1 e 2. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

DAUTHY, M.E. **Fruit and vegetable processing.** Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995.

EARLE, R.L. **Unit Operations in Food Processing, Web Edition.** Massey: The New Zealand Institute of Food Science & Technology (Inc.), 2004.

MORETTI, C. L. A.; JH (Eds.). **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial:** hortaliças minimamente processadas. . Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

FELLOWS, P.; AXTELL, B.; DILLON, M. **Quality assurance for small-scale rural food industries.** Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995.

FELLOWS, P. & HAMPTON, A. **Small-scale food processing - A guide for appropriate equipment.** Londres: Intermediate Technology Publications, 1992.

FELLOWS, P. **Guidelines for small-scale fruit and vegetable processors.** Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura.** Viçosa: Editora da UFV, 2000.

FOOD INDUSTRY BRANCH. **British Columbia Food Processor's Reference Manual.** 2 ed. Victoria: British Columbia Ministry of Agriculture and Food, 2000.

FUNGMANN H.A.J. **Introdução ao Processamento de Alimentos – tecnologia de conserva.** Curitiba: Editora da UFPR, 1973.

MADRID, A.; CENZANO, I. & VICENTE, J.M. **Manual de Industrias dos Alimentos.** São Paulo: Ed. Livraria Varela, 1996.

MONTARJEMI, Y. Impact of small scale fermentation technology on food safety in developing countries. **International Journal of Food Microbiology**, 75, 213-229, 2002.

PALTRINIERI, G. & FIGUEROLA, F. **Manual para el curso sobre procesamiento de frutas y hortalizas a pequeña escala en Perú.** Lima: Food Agriculture Organisation, 1997.

PALTRINIERI, G. & FIGUEROLA, F. **Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazonicas nativas e introducidas.** Lima: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997.

PALTRINIERI, G.; FIGUEROLA, F. & ROJAS, L. **Procesamiento de frutas y hortalizas mediante metodos artesanales y de pequeña escala.** Santiago: Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe, 1993.

SALUNKHE D. K. **Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables.** Cleveland: CRC Presss, Inc., 1974.

TIBANA, A.; AZEREDO, D.R.P.; GELLI, D.S.; GUIDOLIN, F.R.; NEVES, J.F.; LOPES, P.C. & ROBBS, P.G. **Elementos de apoio para o sistema APPCC.** Brasília: SENAI/DN, 2000.

STEINKRAUS, K.H. Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. **Food Control**, 8 (5/6), 311-317, 1997.

WHEATLEY, C.; SCOTT, G.J.; BEST, R. & WIERSEMA, S. **Métodos para agregar valor a raíces y tubérculos alimenticios.** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997.

PÁGINAS DA INTERNET RELACIONADAS

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA.
Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/index.htm>

BARRET, D. Fruit and Vegetable Processing, California. Disponível
em <http://www.fruitandvegetable.ucdavis.edu/>

FOOD AND NUTRITION INFORMATION CENTER food
preservation at home topic page. Disponível em <http://www.nal.usda.gov/fnic/etext/000028.html#xtocid2381822>

NITZKE, J.A. A Feira – ambiente dedicado à tecnologia de
alimentos vegetais. Disponível em <http://www8.ufrgs.br/tecvege/feira/afeira.htm>

OREGON STATE UNIVERSITY. Food Resource. Disponível em
<http://food.oregonstate.edu/>

UNIVERSITY OF QUEENSLAND. Food Science and Technology
online. Disponível em <http://www.fst.uq.edu.au/>

UNIVERSITY OF FLORIDA. Florida Cooperative Extension's
Electronic Data Information. Disponível em <http://edis.ifas.ufl.edu/>



As hortaliças são fundamentais em uma dieta rica e equilibrada, mas são produtos altamente perecíveis. Uma das maneiras mais simples de se manter e armazenar este importante grupo de alimentos é por meio do processamento. Este livro apresenta uma série de técnicas de processamento em pequena escala que estendem a vida de prateleira das hortaliças, como o aquecimento, a redução de umidade, a refrigeração, o congelamento e a fermentação, além de cuidados com a matéria prima e embalagem e rotulagem. Com a aplicação destas técnicas, pode-se obter conservas, picles, hortaliças desidratadas, congeladas, pré-cozidas, entre outros produtos. É mais uma contribuição da Embrapa Hortaliças para a melhoria da condição alimentar dos brasileiros e popularização das hortaliças.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

