

UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO

NADIA TORCHETTO

**CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO CALOR E
PELO CONTROLE DE UMIDADE**

BAURU
2009

NADIA TORCHETTO

**CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO CALOR E
PELO CONTROLE DE UMIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Química, sob a orientação da Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho e co-orientação da Profa. Ms. Setsuko Sato.

BAURU
2009

T 676c

Torchetto, Nadia

Conservação de alimentos pelo calor e pelo controle de umidade / Nadia Torchetto -- 2009.

75f.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho.

Co-orientadora: Profa. Ms. Setsuko Sato.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) - Universidade Sagrado Coração - Bauru - SP.

1. Conservação. 2. Alimentos. 3. Calor. 4. Controle de umidade. 5. Microrganismos. 6. Efeitos. I. Coutinho, Ana Paula Cerino. II. Sato, Setsuko. III. Título.

NADIA TORCHETTO

**CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO CALOR E PELO CONTROLE
DE UMIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade Sagrado Coração como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Química, sob a orientação da Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho e co-orientação da Profa. Ms. Setsuko Sato.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho (Titular)

Profa. Ms. Setsuko Sato (Titular)

Profa. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner (Titular)

Bauru, 15 de dezembro de 2009.

Dedico este trabalho,

Aos meus pais, que estiveram sempre do meu lado, me ajudando a vencer os obstáculos desta jornada,

ao meu namorado que sempre me apoiou nas dificuldades,

aos professores que souberam transmitir suas experiências, repartindo comigo seus conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre comigo, dando confiança e coragem para enfrentar os obstáculos, pois com tua graça consegui chegar ao final de mais uma jornada e peço que continue me guiando em muitas outras que estão por vir.

Aos meus pais Maurício e Elizabete que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade, não bastaria um obrigado. Agradeço por sempre participarem da minha vida, dando incentivo e apoio em todos os momentos e situações difíceis. A vocês, que se doaram inteiros e renunciaram aos seus sonhos, para que muitas vezes pudesse realizar os meus, o meu muitíssimo obrigado. Divido com vocês os méritos desta conquista, porque ela também vos pertence, ela é tão vossa quanto minha.

Às minhas orientadoras Ana Paula e Setsuko, os meus agradecimentos pela dedicação, disponibilidade e paciência em me ajudar, não só nessa etapa final mas em todos os momentos que precisei. Agradeço a vocês pelo constante incentivo e pela confiança depositada nesse meu trabalho. À vocês o meu muito obrigado.

Sem esquecer também de todos os outros professores que participaram da minha formação de forma direta ou indireta, em especial ao Dorival, Vicente, Sirlei, Márcia, Afonso, Alessandra, Mário, Beatriz, que souberam ser mestres não apenas em lecionar, mas também em transmitir respeito, companheirismo e os segredos da vida durante essa caminhada. Agradeço à vocês pelas alegrias, pois graças a vocês eu cresci e venci mais uma etapa da minha vida.

"Não se pode ensinar coisa alguma a alguém; pode-se apenas auxiliá-la a descobrir por si mesmo."

(Galileu Galilei)

RESUMO

Com a necessidade de se conservar os alimentos por tempos prolongados e protegê-los contra os vários tipos de alterações, existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para a conservação e preservação dos alimentos. Apesar de existirem vários métodos, esse estudo faz abordagem à conservação de alimentos pelo calor e pelo controle de umidade, que são métodos de diferentes ações em relação ao combate do principal fator de contaminação que são os microrganismos, ambos os métodos utilizam o calor como agente do processo conservativo. A conservação pelo calor é formada pelas técnicas de branqueamento, pasteurização e esterilização, as quais agem diretamente na destruição dos microrganismos através do calor, enquanto que a conservação pelo controle de umidade que inclui as técnicas de secagem natural, secagem artificial e evaporação, agem sobre o meio de sobrevivência dos microrganismos, retirando a água que eles precisam para o seu desenvolvimento, com isso eles morrem ou são inativados. Os métodos de conservação pelo calor e pelo controle de umidade protegem o alimento conservando-o por mais tempo, além desses e outros efeitos positivos que esses métodos causam, existem os efeitos negativos, ainda que em pequenas proporções, que afetam a cor, o sabor, aroma, textura e a qualidade nutritiva. Os processos de conservação devem ser escolhidos de acordo com o alimento à ser processado, e os efeitos maléficos sobre os alimentos devem ser minimizados o máximo possível.

Palavras-chave: Conservação. Alimentos. Calor. Controle de umidade. Microrganismos. Efeitos.

ABSTRACT

With the necessity being to conserve the foods for long time and protect them against many kinds of changes, there are various technics that can be used for conservation and preservation of the foods. Although there are many methods, this study does boarding to conservation of foods by heat and by control of humidity, that are methods of different actions in relationship to the combat of the main factor of contamination that are the microorganisms, both the methods use the heat like agent of the conservative process. The conservation by heat is formed by technics of whitening, pasteurizing and sterilization, which act directly in destruction of the microorganisms through of the heat, while that the conservation by control of humidity, that includes the technics of natural drying, artificial drying and evaporation, act about the environment of survival of the microorganisms, taking the water that they need to their development, with this they die or they are inatived. The methods of conservation by heat and by control of humidity protect the food conserving it for more time, there of these and others positive effects that these methods cause, there are the negative effects, even if in a little proportions, that change the colors, the taste, the smell, texture and the nutritive quality. The process of conservation must be choose according to the food to be processed, and the prejudicial effects about the foods must be reduced.

Key-words: Conservation. Foods. Heat. Control of humidity. Microorganisms. Effects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Branqueador a vapor IQB.	27
Figura 2 – Trocador de calor a placas.	34
Figura 3 – Curva de resistência térmica dos microrganismos.	37
Figura 4 – Curva de destruição térmica dos microrganismos.	39
Figura 5 – Transferência de calor em recipientes por (a) condução e (b)	41
Figura 6 – Agitação por inversão de recipientes.	41
Figura 7 – Esquema de uma autoclave descontínua vertical.	43
Figura 8 – Diagrama de fluxo do processo UHT indireto.	47
Figura 9 – Secagem natural do peixe.	54
Figura 10 – Secador de bandejas.	57
Figura 11 – Secador tipo túnel.	59
Figura 12 – Secador atomizador.	61
Figura 13 – Secador de tambor único.	62
Figura 14 – Secador de tambor duplo.	63
Figura 15 – Evaporador de tubo curto vertical.	69
Figura 16 – Evaporador de película ascendente.	70
Figura 17 – Evaporador de placas.	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Vantagens e desvantagens de branqueadores convencionais a vapor e a água quente.....	28
TABELA 2 – Objetivo da pasteurização para diferentes alimentos.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	TIPOS DE ALTERAÇÕES EM ALIMENTOS	15
2.1	ALTERAÇÕES DE DIVERSAS ORIGENS	15
2.2	ALTERAÇÕES POR ENZIMAS	16
2.2.1	Ranço Hidrolítico	17
2.2.2	Escurecimento Enzimático	18
2.3	ALTERAÇÕES POR AGENTES QUÍMICOS	18
2.3.1	Ranço Oxidativo	19
2.3.2	Escurecimento Não Enzimático ou Químico	19
2.3.2.1	<i>Reação de Maillard</i>	19
2.3.2.2	<i>Mecanismo do ácido ascórbico</i>	20
2.3.2.3	<i>Caramelização</i>	20
2.4	ALTERAÇÕES MACROBIANAS	20
2.5	ALTERAÇÕES POR AGENTES FÍSICOS OU MECÂNICOS	20
2.6	ALTERAÇÕES POR MICRORGANISMOS	21
3	CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS	23
3.1	CONSERVAÇÃO DOS ALIMENTOS POR APLICAÇÃO DE CALOR	24
3.2	TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO PELO CALOR	24
3.2.1	Branqueamento	24
3.2.1.1	<i>Equipamentos</i>	27
3.2.1.2	<i>Efeitos gerais nos alimentos</i>	28
3.2.2	Pasteurização	29
3.2.2.1	<i>Equipamentos</i>	32
3.2.2.2	<i>Efeitos gerais nos alimentos</i>	34
3.2.3	Esterilização pelo calor	35
3.2.3.1	<i>Esterilização no recipiente (Apertização)</i>	36
3.2.3.2	<i>Processo asséptico – Temperatura ultra-alta (UHT)</i>	44
3.2.3.3	<i>Efeitos gerais nos alimentos</i>	48
4	CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO CONTROLE DA UMIDADE ...	51
4.1	SECAGEM NATURAL	52
4.2	SECAGEM ARTIFICIAL OU DESIDRATAÇÃO	54

4.2.1	Processo	55
4.2.2	Regime de operação	56
4.2.3	Equipamentos	56
4.2.3.1	<i>Secagem utilizando ar quente</i>	56
4.2.3.2	<i>Secagem utilizando superfícies aquecidas</i>	61
4.2.4	Efeitos gerais dos tipos de secagem nos alimentos	63
4.3	EVAPORAÇÃO OU CONCENTRAÇÃO	65
4.3.1	Evaporação à vácuo	67
4.3.2	Evaporação simples e de múltiplo efeito	67
4.3.3	Tipos de Evaporadores	68
4.3.3.1	<i>Evaporadores de Circulação Natural</i>	68
4.3.3.2	<i>Evaporadores de Circulação Forçada</i>	70
4.3.4	Efeitos gerais nos alimentos	72
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos pré-históricos até os dias de hoje o homem tem se preocupado muito com a sua alimentação. Devido aos diferentes modos de vida, a sua busca por alimentos passou por muitas transformações: inicialmente, o homem se dedicava à caça de animais e colheita de plantas quando ainda vivia em cavernas; logo depois de um tempo o homem passou a ter vida nômade, vindo a consumir reservas naturais de alimentos. Ao perceber a relação que havia entre a semente e a planta, ele começou a dominar a natureza, pois não precisava mais viver em função dela; em consequência disso trocou a vida nômade pela vida pastoril em pequenas aldeias. (APRENDENDO...,2009).

Segundo o mesmo, conforme a população foi crescendo depois de algum tempo, o consumo de alimentos também aumentou, fazendo com que o homem viesse a utilizar recursos para evitar desperdícios, melhorar o seu aproveitamento e armazená-los para consumo nos períodos de escassez, sendo assim, surgiu a idéia da conservação de alimentos.

De acordo com Gava (1983) os alimentos têm como finalidade fornecer ao corpo humano a energia para o metabolismo e o material necessário à formação e manutenção dos tecidos, assim como regular o funcionamento dos órgãos. Quanto ao valor nutritivo dos alimentos, os componentes são conhecidos como hidratos de carbono, proteínas, gorduras, vitaminas, sais minerais e água, os quais são destinados a suprir as necessidades humanas; e devido à grande quantidade de alimentos existentes, surge a necessidade de se conservá-los para usos posteriores.

Segundo Ordóñez (2005), com o desenvolvimento da ciência a partir da revolução industrial, todos os procedimentos de conservação antigos foram beneficiados. O progresso dos métodos de conservação prosseguiu no século XX, com uma enorme melhoria das técnicas antigas e com a criação de outras novas técnicas que culminaram com tecnologias recentes. Pode-se dizer que passou do empirismo ao controle científico, ou seja, as técnicas de conservação de alimentos deixaram de ser uma arte para se transformar em uma ciência.

Atualmente existem inúmeros métodos de conservação e graças a eles as pessoas podem manter uma dieta saudável durante o ano inteiro, isto é, permitem que se possam guardar os alimentos para utilizar futuramente sem que estes estraguem, afirma Amato (2009).

Camargo (2006a) descreve a conservação como a arte que consiste em manter as características do alimento estáveis, mesmo em condições nas quais isso não seria viável. Para se falar em conservação de alimentos, é preciso estar atento às suas características físicas, químicas e biológicas.

A tecnologia de alimentos apoiada nas ciências biológicas (biologia, física, química, matemática e engenharia), foi quem contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento dos métodos de conservação, sendo ela destinada a converter as matérias-primas alimentares em produtos alimentícios, mantendo a maior parte possível das características organolépticas e nutricionais do produto original. (SILVA, 2000).

Os processos de conservação têm como objetivo evitar as alterações nos alimentos, sejam elas de origem microbiana, enzimática, física ou química; fazendo com que o alimento tenha uma vida de prateleira maior, evitando assim sua deterioração a curto prazo.

As principais causas de alterações nos alimentos, são devido ao crescimento e atividade dos microrganismos, que provocam muitas vezes contaminações tóxico-alimentares. Essas contaminações se devem a presença de microrganismos que se proliferam em grandes quantidades, tornando-se prejudiciais à saúde do homem. (PORTAL...,2009).

Além das alterações alimentares serem capazes de provocar intoxicações nas pessoas, essas também depreciam o alimento afetando suas características sensoriais e nutricionais, tornando-o inviável. Por todos estes motivos é que se deve estudar e fazer a conservação correta dos alimentos, que segundo Ordóñez (2005), seriam alimentos seguros, isentos de agentes nocivos, tanto os bióticos como os abióticos, e com composição e valores nutricionais determinados, o que é de responsabilidade da tecnologia de alimentos, garantindo assim um alimento saudável.

Todos os processos de conservação existentes, são baseados na eliminação total ou parcial dos agentes que provocam alterações nos produtos alimentícios ou que provocam a modificação ou supressão de um ou mais fatores essenciais aos agentes deteriorantes, de modo que o meio se torne impróprio a qualquer forma de manifestação vital. (GAVA, 1983).

Esse trabalho tem como objetivo descrever dois métodos de conservação, pelo calor e pelo controle de umidade, sendo que estes são muito utilizados na indústria de alimentos com a finalidade de prevenir ou retardar vários tipos de alterações, as quais também são apresentadas; além disso busca relatar os efeitos que cada processo causa nos alimentos.

2 TIPOS DE ALTERAÇÕES EM ALIMENTOS

As alterações de alimentos são todas as modificações que neles ocorrem, destruindo parte ou totalmente as suas características essenciais, pois compromete suas qualidades químicas, físicas, de sanidade e capacidade nutritiva. De maneira simplificada, pode-se dizer que as alterações são todas as transformações que ocorrem no alimento, tornando-o indesejável e inadequado ao consumo, e essas alterações vão desde as simples modificações das características organolépticas do produto até a sua putrefação, afirma Evangelista (1987).

Segundo ele, todos os alimentos estão sujeitos a processos de alteração, independente de qual seja sua origem (animal e vegetal) e estado (inerte, como matéria-prima, em forma de preparo ou de produto alimentício).

A seguir, serão apresentados os diversos tipos de alterações em alimentos: de origem enzimática, química, física ou mecânica, macrobiana, microbiana e de outras origens.

2.1 ALTERAÇÕES DE DIVERSAS ORIGENS

De acordo com Evangelista (1987), existem causas que criam condições favoráveis a pequenas alterações nos alimentos, que vão desde a etapa de obtenção do alimento até a de seu consumo. São elas:

- Falhas na coleta e obtenção do produto alimentício.
- Omissões na elaboração do produto.
- Incorreções nos processos de preservação.
- Inadequações do material de envasamento.
- Improriedades do transporte.

As falhas na coleta e obtenção do produto se relacionam com a falta de observação e de cautela na defesa da integridade do produto, a ausência de certas operações que deveriam ser feitas e as práticas condenáveis que repercutem nas características organolépticas dos alimentos. Exemplos disso são: a ordenha do leite feita em desacordo com as normas de higiene (contaminação do leite); a colheita de

frutas com a retirada do pedúnculo (facilidade da fruta apodrecer), etc. (EVANGELISTA, 1987).

As omissões na elaboração dos produtos, diminuem a defesa deles diante dos agentes de alterações. Dentre as omissões, se salientam: desequilíbrio nas proporções das substâncias necessárias nas preparações (quantidade inadequada de coalho, para a coagulação do leite), emprego de temperaturas desajustadas em tempo e grau de calor nos alimentos, entre outras. (EVANGELISTA, 1987).

As incorreções nos processos de preservação tornam o alimento mais frágil e vulnerável às alterações. Para que os produtos mantenham suas qualidades intactas, é necessário que haja uma combinação de processos, ou seja, além do processo de preservação é preciso que os produtos passem por operações complementares. Alguns exemplos de incorreções correspondem à manutenção do peixe após seu descongelamento em temperatura imprópria, a congelação de verduras sem antes ter feito o branqueamento, etc. (EVANGELISTA, 1987).

As inadequações do material de envasamento se alinham entre os fatores causadores de alterações alimentares. De acordo com a sua composição química, estado físico, etc., os produtos alimentícios necessitam de um envase adequado, pois as embalagens inadequadas podem provocar modificações de vários tipos. É o que pode acontecer em cervejas acondicionadas em garrafas de cor branca, alimentos de concentração lipídica contidos em embalagens transparentes, entre outros. (EVANGELISTA, 1987).

O transporte inadequado pode alterar as características dos alimentos, principalmente em sua textura, tornando-os propícios às alterações. O acondicionamento mal feito, como as exposições ao calor e aos choques durante o trajeto, influem negativamente sobre o produto. (EVANGELISTA, 1987).

2.2 ALTERAÇÕES POR ENZIMAS

As alterações enzimáticas de alimentos são causadas por enzimas provenientes do próprio alimento ou elaboradas por microrganismos; ao contrário das alterações microbianas que podem tornar os alimentos muito perigosos para o consumo, as alterações enzimáticas raramente oferecem risco, afirma Evangelista (1987).

Segundo o mesmo autor, os tipos de alterações que as enzimas causam nos alimentos, afetam mais intensamente suas características organolépticas do que à sua total decomposição, entre estas características se destacam a cor, o sabor e a textura do produto.

Evangelista (1987) ressalta que entre as diversas ações das enzimas sobre os alimentos, estão as proteinases que causam o sabor amargo a determinados produtos, devido sua ação de hidrólise das proteínas e de peptídeos neles contidos; a atividade de enzimas pectolíticas que provocam o amolecimento de frutas e vegetais (diminuição da textura); as enzimas presentes no interior das frutas necessárias normalmente ao seu amadurecimento, desde que sejam favorecidas as condições de sua ação, geralmente provocam a super-maturação e em seguida o seu apodrecimento; as enzimas presentes em sucos de frutas cítricas que podem produzir a precipitação do líquido; as enzimas presentes em certos vegetais destinados à congelação, as quais precisam ser inativadas através de um tratamento térmico (branqueamento) para evitar que haja deterioração; e também por ação enzimática os alimentos podem ser alterados pela hidrólise de sua fração lipídica, o que pode gerar o ranço hidrolítico ou escurecimento enzimático.

2.2.1 Ranço Hidrolítico

De acordo com Ordóñez (2005), nos alimentos a enzima lipolítica chamada lipase, pode ser proveniente do próprio alimento ou procedentes dos microrganismos que nele se multiplicam; que quando muito ativos ou em taxas elevadas, contribuem para a rancificação hidrolítica das gorduras.

O Ranço Hidrolítico é uma transformação em que ocorre a hidrólise dos glicerídeos contidos nos lipídios, afirma Bobbio e Bobbio (2001). Essa transformação resulta na formação de ácido graxo livre e glicerol, relata Evangelista (1987).

Segundo o mesmo autor, a lipase atua não só nos ácidos graxos de 4 a 10 átomos de carbono, como o ácido butírico, capríco, caprílico e cáprico; mas também atua nos ácidos graxos de maior número de cadeias; acontece que enquanto na hidrólise dos primeiros, há presença de odor rançoso, e nos outros o cheiro não ocorre. Essa persistência do cheiro de ranço hidrolítico é devido às propriedades de volatilização e solubilidade desses ácidos, que aumentam à medida que seus átomos de carbono diminuem.

2.2.2 Escurecimento Enzimático

Evangelista (1987) relata que vários vegetais utilizados em preparações culinárias e industriais, como maçã, batata, entre outros, apresentam zonas de pigmentação escura quando cortados, identificando o fenômeno de escurecimento enzimático.

O agente responsável por este escurecimento, é a polifenol oxidase e outras enzimas oxidantes, que atuando sobre grupos fenólicos (tanino e tirosina), produzem quinonas (substâncias que possuem grupos carbonilas), que polimerizados resultam em melanoidinas, pigmentos que dão cor escura aos vegetais. (EVANGELISTA, 1987, p. 196).

Conforme o autor relata, para que essa coloração escura possa ser impedida, deve-se adicionar ao vegetal o ácido ascórbico, pois na presença dessa vitamina, as quinonas voltam a sua forma de compostos fenólicos, sendo o ácido ascórbico oxidado; e quando este for todo consumido, o escurecimento poderá reaparecer, devido á presença de carbonilas existentes nas quinonas.

2.3 ALTERAÇÕES POR AGENTES QUÍMICOS

De acordo com Evangelista (1987), são várias as alterações causadas por agentes químicos. No caso de produtos envasados inadequadamente, a influência de ácidos do próprio alimento sobre o metal causam a formação de gases, especialmente de hidrogênio, em consequência da corrosão da lata, através de reações que ocorrem ocasionando ao produto modificações no sabor. De maneira simplificada, as alterações químicas que ocorrem nos alimentos são devidas às corrosões dos metais, à formação de gases nas embalagens, entre outras, que modificam o produto no que diz respeito ao aroma, cor e sabor.

Segundo ele, a umidade, o calor e a luz podem acarretar ao produto a rancificação de sua gordura, devido a longos períodos de armazenagem. Entre todos os tipos de alterações químicas, as que apresentam maior importância são o ranço oxidativo e o escurecimento não enzimático.

2.3.1 Ranço Oxidativo

O ranço oxidativo é uma reação que pode ser acelerada pelo oxigênio, luz, temperatura, metais (em especial cobre e ferro) e pela presença de oxidantes naturais, afirma Gava (1983). Segundo ele, no ranço oxidativo ou auto-oxidação, as cadeias insaturadas de ácidos graxos poderão ser rompidas, ocasionando a formação de peróxidos que em seguida originam diversos compostos carbonilados de peso molecular mais baixo, como os aldeídos, álcoois, cetonas e hidrocarbonetos; sendo estes responsáveis pelo odor desagradável dos produtos rançosos.

De acordo com Gava (1983), a reação química irá continuar até que todo o oxigênio ou molécula de ácido graxo tiver sido utilizado.

2.3.2 Escurecimento Não Enzimático ou Químico

O escurecimento não enzimático é caracterizado pela formação de pigmentos escuros, produzidos por melanoidinas que são substâncias polimerizadas. Esse escurecimento ocorre através da reação de Maillard, do ácido ascórbico e da caramelização, comenta Evangelista (1987).

De acordo com Gava (1983), o escurecimento químico é uma reação desejável em alguns casos, como na fabricação de pão, café, batata-frita e indesejável em outros, como nas frutas desidratadas, ovo em pó, etc.

2.3.2.1 Reação de Maillard

Essa reação é caracterizada pela interação do grupo carbonila de carboidratos com o grupo amino dos aminoácidos. A reação abrange uma série de etapas que dão como produto final as melanoidinas, as quais dão a cor e o aspecto característico dos alimentos cozidos ou assados. (GASTRONOMY...,2009).

Segundo Evangelista (1987), as melanoidinas responsáveis pelo escurecimento, se originam da polimerização do Furfural ou Hidroxi metil furfural, um composto formado por algumas reações intermediárias do processo.

2.3.2.2 Mecanismo do ácido ascórbico

Gava (1983) afirma que o ácido ascórbico é considerado como o responsável pelo escurecimento de sucos cítricos concentrados, principalmente os de limão e de tangerina.

Por ação entre o ácido ascórbico e açúcares, ocorre a formação do furfural, que podendo sofrer polimerização, dá origem às melanoidinas (compostos de coloração escura), afirma Evangelista (1987).

2.3.2.3 Caramelização

Gava (1983) comenta que o escurecimento que caracteriza a caramelização, ocorre quando compostos polidroxycarbonilados (açúcares) são aquecidos a elevadas temperaturas, e como resultado dessa reação ocorre uma desidratação dos açúcares com a formação de aldeídos ativos, como o Hidroxi metil furfural, o qual pode sofrer polimerização originando as melanoidinas.

2.4 ALTERAÇÕES MACROBIANAS

Essas alterações nos alimentos se devem a ação de insetos, roedores, predadores, ovos de parasitas e larvas, afirma Evangelista (1987).

Segundo Gava (1983) os insetos merecem destaque por causar a destruição de cereais, frutas e hortaliças, mas o problema maior não é o alimento que eles consomem, mas sim o fato deles deixarem uma porta de entrada para a ação de diversos microrganismos. Os roedores, principalmente os ratos, também são de extrema importância, pois além de consumirem os alimentos eles provocam a contaminação destes, oferecendo perigo ao homem.

2.5 ALTERAÇÕES POR AGENTES FÍSICOS OU MECÂNICOS

Evangelista (1987) comenta que são as alterações que causam a destruição das qualidades dos alimentos e produtos alimentícios. Segundo ele, muitos fatores são responsáveis por essas alterações, como as desidratações dos alimentos, as

operações de manuseio, as queimaduras por exposição ao frio, devido à pressão e das condições inadequadas de transporte e armazenamento.

Para Silva e Busnardo (2007) as alterações mecânicas são causadas por choques e pressões físicas ou mecânicas, como por exemplo o amassamento de latas em conserva, rachaduras na casca de ovos, etc.

2.6 ALTERAÇÕES POR MICRORGANISMOS

As alterações por microrganismos ocorridas em alimentos e produtos alimentícios, podem ser causadas pelos três tipos de microrganismos conhecidos: fungos ou mofo, leveduras e bactérias, afirma Evangelista (1987).

Silva (2000) declara que os alimentos ou produtos alimentícios podem ser contaminados por microrganismos a partir da água, do solo, do ar e dos próprios produtos alimentares, em qualquer etapa de sua produção. Na etapa de transformação industrial as matérias-primas são contaminadas no próprio ambiente onde estão inseridas, como por exemplo: na fábrica, através dos equipamentos, dos manipuladores, entre outros, até a sua obtenção como produto finalizado.

Segundo o mesmo autor, até mesmo depois de industrializados os alimentos podem ser contaminados, através dos meios inadequados de transporte, armazenamento e comercialização, por meio de embalagens danificadas e até mesmo pela manipulação inadequada dos consumidores.

O tipo de alteração por microrganismos é de todas a mais importante, pois é a que mais danifica o alimento, podendo tornar o seu consumo inteiramente condenado; pois além de destruir totalmente os caracteres organolépticos dos alimentos, confere ao produto toxinas de alta periculosidade que podem causar intoxicações e infecções alimentares aos consumidores, ressalta Evangelista (1987).

Ele também declara que os graus de intensidade das alterações microrgânicas são medidos pela classe, variedade e número de um ou mais microrganismos atuantes e também pelas modificações verificadas no alimento.

Evangelista (1987) diz que o aumento da carga microbiana dos produtos é causado por novas contaminações, particularmente em alimentos que, por sua própria constituição, são vulneráveis às contaminações frequentemente.

É o que acontece com alimentos sujeitos a processos de subdivisão (moídos, triturados, picados, etc.), aos submetidos a repetidos contatos manuais e àqueles preparados com vários ingredientes (pastéis, bolinhos, empadas e outros salgados e doces com recheios, principalmente à base de creme). (EVANGELISTA, 1987, p. 203).

O mesmo autor declara que visando deter o crescimento dos microrganismos, e conseqüentemente as suas alterações, surgiram os modernos e eficientes métodos de conservação de alimentos.

3 CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

A conservação de alimentos consiste em empregar técnicas e métodos capazes de proteger os alimentos dos agentes deteriorantes, principalmente os microrganismos; assegurando ao alimento suas características originais, ou seja, mantém o quanto for possível suas propriedades organolépticas, seus constituintes químicos e seu valor nutritivo, afirma Silva (2000).

De acordo com Gava (1983), os métodos e processos empregados na conservação dos alimentos não se apóiam apenas na eliminação total ou parcial dos agentes que alteram os produtos, como os microrganismos; mas também na modificação ou supressão de diversos fatores essenciais ao desenvolvimento destes, de modo que o meio se torne impróprio a qualquer manifestação vital.

Silva (2000) declara que muitas vezes, a aplicação de um único método de conservação não é suficiente para manter a estabilidade microbiológica de muitos produtos alimentícios, ou seja, não demonstra eficácia em termos de sanidade e vida de prateleira; sendo assim é necessária a aplicação de mais de um método de conservação, numa ação combinada.

É o que acontece com verduras (branqueamento – desidratação ou congelamento), com o leite (pasteurização – resfriamento), entre outros, afirma Evangelista (1987).

É importante lembrar que, quando utilizamos a combinação de dois ou mais métodos, os fatores agem conjuntamente, exigindo menos rigor nos tratamentos a serem empregados e conseqüentemente menos prejuízos às características sensoriais e ao valor nutritivo dos alimentos, do que quando utilizamos os mesmos métodos, mas de forma isolada. (SILVA, 2000, p. 121).

Quanto aos métodos de conservação, a escolha mais apropriada de qual se deve utilizar, depende dos seguintes fatores: natureza do alimento (líquido, sólido ou pastoso), período de tempo a conservar, custo do processo e os agentes deteriorantes envolvidos. (SILVA, 2006).

3.1 CONSERVAÇÃO DOS ALIMENTOS POR APLICAÇÃO DE CALOR

Segundo Camargo (2006b), o uso de calor na conservação de alimentos tem por objetivo a redução da carga microbiana e a desnaturação de enzimas.

O tratamento térmico também causa a destruição de insetos e parasitas. Esse tratamento continua sendo um dos métodos mais importantes utilizados no processamento de alimentos, não só pelos efeitos que causam nos agentes deteriorantes, mas também pelos efeitos desejáveis na qualidade sensorial (muitos alimentos são consumidos cozidos, e os processamentos como o assado produzem sabores que não podem ser gerados de outras formas), afirma Fellows (2006).

De acordo com Gava (1983), o tratamento térmico deve destruir todos os microrganismos do alimento, quando isso não for possível, esse tratamento deve destruir então, aqueles microrganismos mais prejudiciais e retardar ou prevenir o crescimento dos sobreviventes.

Um tratamento térmico seguro se deve à combinação correta do tempo e da temperatura utilizados, e essa escolha dependerá do efeito que o calor irá exercer sobre os alimentos, ou seja, da termossensibilidade destes e também dos outros métodos de conservação que serão empregados conjuntamente. (GAVA, 1983).

Silva (2000) explica que as altas temperaturas empregadas nos alimentos, agem diretamente sobre os microrganismos, sendo capaz de provocar a morte ou a inativação de suas células vegetativas. Já os esporos microbianos geralmente sobrevivem a temperaturas bastante elevadas, principalmente os esporos de bactérias. Devido à resistência de tais esporos, eles são os principais alvos a serem destruídos durante os tratamentos térmicos, principalmente na esterilização da maioria dos alimentos.

Do ponto de vista bacteriológico, a bactéria encontra-se morta quando ela perde a sua capacidade de reprodução. (SILVA, 2000).

3.2 TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO PELO CALOR

3.2.1 Branqueamento

É um pré-tratamento térmico frequentemente utilizado em frutas e hortaliças, tendo como principal objetivo a inativação de enzimas que poderiam causar reações

de deterioração, como o escurecimento. As reações enzimáticas são responsáveis pelas alterações sensoriais e nutricionais que ocorrem no alimento, principalmente no período de armazenamento, afirma Camargo (2006b).

A eficiência do processo de branqueamento pode ser confirmada pelo teste da peroxidase, que é a enzima mais termorresistente, quando comparada a outras enzimas presentes nas frutas; ou seja, ela serve como um marcador para se determinar o sucesso do branqueamento. (MARTINS, 2009).

A adequada inativação dessas enzimas é feita pelo aquecimento rápido a uma determinada temperatura, em curto espaço de tempo, seguido de resfriamento, a uma temperatura próxima da temperatura ambiente. Os principais fatores que determinam o tempo de branqueamento são o tipo e o tamanho do produto, a temperatura utilizada no processo e o sistema de aquecimento. (SILVA, 2000, p. 132).

De acordo com Silva (2000) esse pré-tratamento é realizado em frutas e hortaliças antes delas serem submetidas a outros processamentos como congelamento, desidratação ou enlatamento, pois o branqueamento facilita essas operações subsequentes realizadas com os alimentos, fazendo com que não ocorra alterações em atributos como cor, aroma, sabor, textura e valor nutritivo durante a estocagem.

Segundo o mesmo autor, quando o branqueamento é realizado corretamente ele pode reduzir quantidades significativas de microrganismos e contribuir para a conservação dos produtos alimentícios, mas se ele for feito de maneira insuficiente, o número de microrganismos depois do processo será elevado, e conseqüentemente será grande a quantidade de alimentos sujeitos a apresentar defeitos (aromas estranhos, contaminação por microrganismos, etc) quando finalizados e armazenados. O congelamento por exemplo não consegue reduzir substancialmente a carga microbiana do alimento "in natura", necessitando da aplicação do branqueamento antes deste ser congelado, para que sua ação possa ajudar na diminuição dos microrganismos, contribuindo assim para a conservação do alimento.

As ações que o branqueamento desenvolve nos alimentos são: (EVANGELISTA, 1987).

- Ajuda na limpeza do alimento, fazendo com que a quantidade de microrganismos na superfície seja reduzida.
- Amolece e incha os tecidos vegetais, dando uma massa mais uniforme ao alimento facilitando o enchimento dos recipientes.
- Amolece a pele dos vegetais, antes de ser cortado.
- Remove quase a totalidade de ar e de gases contidos nos tecidos vegetais (ervilhas), para que não fiquem retidos antes do fechamento do produto, aumentando assim a pressão interior das latas e reduzindo o vácuo.
- Produz a inativação de enzimas que afetam a qualidade dos produtos durante e depois do processamento.
- Favorece a fixação da coloração de certos pigmentos de vegetais.
- Impede a despigmentação de tomates e maçãs, através da inativação de fenoxidases.
- Torna a superfície dos alimentos mais brilhante, devido a eliminação do pó depositado nessa superfície, modificando desta maneira, o comprimento de onda da luz refletida. (SILVA, 2000).
- É utilizado também para fixar a textura e pré-aquecer o produto que vai ser submetido a processos térmicos mais rigorosos, como por exemplo a esterilização. (SILVA, 2000).

De acordo com Silva (2000) o branqueamento pode ser utilizado em combinação com alguns tratamentos químicos, como por exemplo: adicionar bicarbonato de sódio ou óxido de cálcio com o objetivo de proteger a clorofila e reter a cor de vários alimentos; fazer a submersão de maçãs e batatas cortadas em uma solução salina (NaCl) antes do tratamento térmico, para evitar o escurecimento enzimático; adicionar cloreto de cálcio à água de tratamento com o objetivo de manter a firmeza do alimento, pois este componente químico combina-se com a pectina do alimento formando o pectato de cálcio, responsável pela estabilidade da textura do produto.

O tempo e a temperatura que deverão ser utilizados nas operações de branqueamento, são regulados de acordo com a espécie do produto a ser tratado, afirma Evangelista (1987).

Os tratamentos químicos que alguns produtos recebem nas operações de branqueamento, são realizados adicionando diretamente na água os agentes

químicos que serão dissolvidos quando a operação for por água quente; quando porém a operação é a vapor, os vegetais são pulverizados com as soluções químicas, antes, durante e depois do seu percurso pela câmara de vapor. (SILVA, 2000).

3.2.1.1 Equipamentos

Os dois métodos comerciais mais comuns de branqueamento são relativamente simples e econômicos, envolvendo a passagem do alimento através de uma atmosfera de vapor saturado ou em banho de água quente.

De forma simples, os branqueadores a vapor consistem de uma esteira transportadora, a qual leva os alimentos através de uma atmosfera de vapor dentro de um túnel, após passar pelo meio de aquecimento, os alimentos são resfriados por água fria e ar frio. O tempo de residência do alimento nesses branqueadores é controlado pela velocidade da esteira e pelo comprimento do túnel. (FELLOWS, 2006).

A Figura 1 mostra um tipo de branqueador a vapor.

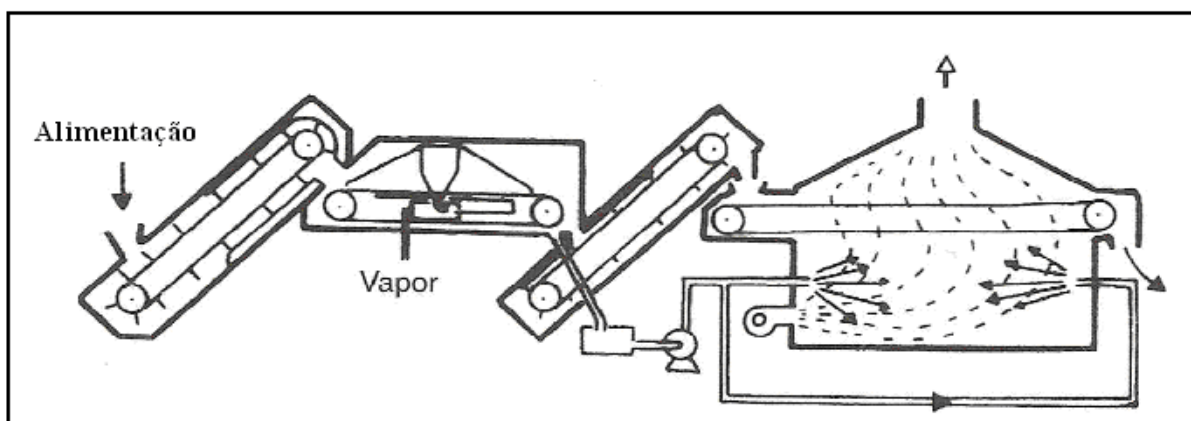


Figura 1 – Branqueador a vapor IQB “individual quick blanching”.
Fonte: Fellows, 2006, p. 247.

De acordo com Fellows (2006), existem também vários branqueadores que mantêm o alimento em água quente, numa temperatura que varia entre 70 e 100° C por um período de tempo específico, sendo que depois ele é removido para uma seção de remoção da água e resfriamento.

Os equipamentos clássicos que utilizam a água quente, consistem em um tambor de aço inoxidável contendo um cilindro perfurado no centro, com movimento rotatório e água aquecida circulando entre os tambores, afirma Martins (2009).

Segundo Fellows (2006), a velocidade de rotação e o comprimento do tambor controlam o tempo de aquecimento, ou seja, a duração do branqueamento.

As vantagens e desvantagens dos branqueadores a água quente e a vapor, são descritas na Tabela 1:

TABELA 1 – Vantagens e desvantagens de branqueadores convencionais a vapor e a água quente

Equipamento	Vantagens	Desvantagens
Branqueadores a vapor convencionais	Menores perdas de componentes solúveis em água. Volumes menores de efluente e menores cargas do que os branqueadores a água, com ar de resfriamento no lugar de água. Fáceis de limpar e esterilizar.	Limpeza limitada do alimento, sendo que também é necessária uma lavagem. Branqueamento desigual se o alimento é empilhado muito alto no transportador. Algumas perdas de massa no alimento.
Branqueadores a água quente convencionais	Menores custos iniciais e maior eficiência de energia do que os branqueadores a vapor.	Maior consumo de água e gastos para o tratamento de grandes volumes de efluente diluído. Riscos de contaminação por bactérias termófilas.

Fonte: P. J. Fellows, 2006, p. 245.

3.2.1.2 Efeitos gerais nos alimentos

O calor recebido durante os tratamentos por branqueamento causa inevitavelmente alguns danos nas qualidades sensoriais e nutricionais dos alimentos. No entanto, quando comparado ao tratamento térmico da esterilização, esse processo é menos severo. (FELLOWS, 2006).

No decorrer do processo de branqueamento, são perdidos alguns minerais, vitaminas e outros componentes hidrossolúveis; as perdas das vitaminas ocorrem principalmente devido à lixiviação, à destruição térmica e em menor grau, à oxidação. As perdas de ácido ascórbico por exemplo são utilizadas como

indicadores da qualidade do alimento e também da severidade do processo de branqueamento, relata Fellows (2006).

Em relação a cor, o branqueamento clareia alguns alimentos pela remoção do ar e poeira da superfície, alterando dessa forma o comprimento de onda da luz refletida. Para evitar o escurecimento enzimático de maçãs e batatas cortadas, é necessário colocá-las em salmoura diluída antes do branqueamento. Se o branqueamento for feito corretamente, a maioria dos alimentos não terá modificações significativas no sabor e aroma, mas se o processo for realizado inadequadamente, poderá ocorrer o desenvolvimento de aromas indesejáveis durante o armazenamento de produtos congelados ou desidratados. (FELLOWS, 2006).

Segundo ele o carbonato de sódio ou óxido de cálcio, podem ser adicionados a água de tratamento com a finalidade de proteger a clorofila, mantendo sua cor verde.

Dependendo das condições de tempo e temperatura utilizados para a inativação enzimática, o alimento pode sofrer uma perda excessiva da textura, mas isso pode ser corrigido ao adicionar cloreto de cálcio (1 a 2%) na água de branqueamento, resultando na formação de complexos insolúveis de pectato de cálcio, os quais garantem a firmeza dos tecidos. (FELLOWS, 2006).

3.2.2 Pasteurização

O método da pasteurização é um processo térmico que leva este nome em homenagem a Louis Pasteur que em 1864, foi o primeiro a descobrir que havia a possibilidade de inativação de microrganismos deterioradores em vinhos por meio da aplicação de calor. (CAMARGO, 2006b).

É um tratamento térmico relativamente suave, utiliza temperaturas inferiores a 100°C, e que tem como objetivo destruir parte da flora banal e eliminar totalmente a flora microbiana patogênica. A pasteurização destrói parte, mas não todas as células vegetativas dos microrganismos encontrados nos alimentos; seu uso é indicado quando processos mais rigorosos poderiam afetar as propriedades organolépticas e nutricionais dos produtos e também é aplicado quando os microrganismos patogênicos ou deterioradores a serem destruídos, apresentam baixa resistência ao calor, afirma Silva (2000).

Silva (2000) também declara que além de causar a destruição de microrganismos termossensíveis, como as bactérias vegetativas, bolores e leveduras; este método de conservação também tem como finalidade causar a inativação de enzimas sem modificar significativamente as características do alimento. Com isso, o método da pasteurização visa prolongar a vida-de-prateleira dos alimentos, por alguns dias, como no caso do leite ou por vários meses, como acontece com as frutas enlatadas.

A pasteurização é indicada especialmente para o leite, creme de leite, manteiga, frutas, sorvetes, compotas, embutidos, cerveja e ovos líquidos enlatados, relata Evangelista (1987).

O mesmo autor comenta que apesar do emprego da pasteurização não destruir os microrganismos esporulados dos sucos de frutas ácidos, este método é utilizado, pois mesmo não eliminando esses microrganismos, não apresenta nenhum problema, pelo fato de que estas bactérias esporuladas não crescem em meios ácidos.

Outras aplicações da pasteurização se dão em produtos que constituam substratos favoráveis para microrganismos, principalmente os mesófilos, os quais têm sua atividade ideal na faixa dos 35°C não suportando temperaturas superiores a 65°C; pode ser utilizada em líquidos de pH ácido (vinhos, sucos de frutas, etc), que apesar de ser um meio impróprio para as bactérias, torna-se apropriado ao crescimento de fungos e leveduras, os quais são destruídos por este método; é também indicada para produtos em que há a necessidade da destruição de agentes competitivos, como no caso da produção de queijos, pois a pasteurização elimina os agentes inconvenientes, facilitando fermentações benéficas através da inoculação de fermento selecionado. (EVANGELISTA, 1987).

As condições de tratamento térmico utilizadas na pasteurização de diferentes alimentos, são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2 – Objetivo da pasteurização para diferentes alimentos

Alimento	Objetivo principal	Objetivos secundários	Condições mínimas de processamento
pH < 4,5 Suco de fruta	Inativação enzimática (pectinesterase e poligalacturonase)	Destruição de microrganismos deteriorantes (leveduras, fungos)	65°C por 30 min; 77°C por 1 min; 88°C por 15s
Cerveja	Destruição de microrganismos deteriorantes (como leveduras selvagens, espécies de <i>Lactobacillus</i>) e leveduras residuais (espécies de <i>Saccharomyces</i>)		65-68°C por 20 min (em garrafas); 72-75°C por 1 a 4 min a 900 a 1000 KPa
pH > 4,5 Leite	Destruição de patógenos: <i>Brucella abortis</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (<i>Coxiella burnettii</i>)	Destruição de microrganismos deteriorantes e enzimas	63°C por 30 min; 71,5°C por 15s
Ovo líquido	Destruição de <i>Salmonella seftenburg</i> patogênica	Destruição de microrganismos deteriorantes	64,4°C por 2,5 min; 60°C por 3,5 min
Sorvete	Destruição de patógenos	Destruição de microrganismos deteriorantes	65°C por 30 min; 71°C por 10 min; 80°C por 15s

Fonte: P. J. Fellows, 2006, p. 252.

Segundo Silva (2000), a temperatura e o tempo que devem ser empregados na pasteurização dos alimentos dependem de muitos fatores, como: pH do alimento, resistência do próprio alimento à altas temperaturas (sensibilidade) e a termorresistência das enzimas e dos microrganismos a serem destruídos. Devido a ação da pasteurização não eliminar a totalidade de microrganismos existentes nos alimentos, ela deve ser empregada em combinação com outros métodos de preservação, como a refrigeração por exemplo.

Um teste simples é realizado rotineiramente para saber se a pasteurização foi realizada corretamente, este consiste em verificar se há a atividade da enzima fosfatase alcalina no leite pasteurizado; se houver essa enzima, significa que o tratamento térmico foi inadequado para destruir bactérias patogênicas ou que o leite

não-pasteurizado contaminou o produto pasteurizado, pois a presença dessa enzima é verificada naturalmente no leite cru. (FELLOWS, 2006).

A pasteurização se desenvolve em diferentes tempos e temperaturas e através de processos contínuos e descontínuos. Existem duas modalidades de pasteurização, são elas: (ORDÓÑEZ, 2005).

a) LTH (low temperature holding) ou pasteurização baixa: é um sistema descontínuo, adequado para a pasteurização de pequenos volumes (ex: 100 a 500 litros). São empregados tempos longos de aproximadamente 30 minutos e temperaturas baixas que variam de 62°C a 68°C. Essa pasteurização é realizada em tanques de parede dupla contendo um agitador e um termômetro; pela parede dupla é que circulam o fluido de aquecimento e o refrigerador.

b) HTST (high temperature, short time) ou pasteurização alta: é um método realizado em sistemas de fluxo contínuo com trocadores de calor tubulares ou de placas. Empregam-se elevadas temperaturas que variam de 72°C a 85°C e tempos curtos que vão de 15 a 20 segundos.

3.2.2.1 Equipamentos

A seguir serão descritos os equipamentos utilizados para a pasteurização de alimentos embalados e pasteurização de líquidos a granel.

Alguns líquidos como a cerveja e os sucos de frutas são pasteurizados após serem embalados. Quando o alimento é embalado em vidro, se utiliza água quente para que seja reduzido o risco de choque térmico na embalagem. Ocorrem diferenças máximas de temperatura entre a embalagem e a água a ser utilizada, diferenças estas que são de 20°C para o aquecimento e de 10°C para o resfriamento. O alimento é resfriado até aproximadamente 40°C para que a água da superfície seja evaporada, diminuindo assim a corrosão externa da lata e também facilitando a colocação de rótulos adesivos. Os pasteurizadores a água quente podem operar de forma contínua ou em batelada. (FELLOWS, 2006).

Segundo o mesmo autor, o pasteurizador mais simples em batelada, consiste em um banho de água no qual cestos contendo o alimento embalado são aquecidos a uma temperatura predeterminada e mantido durante o tempo necessário; posteriormente é bombeada água fria no tanque para resfriar o produto. A versão contínua consiste de um tanque estreito e comprido, pelo qual uma correia

transportadora leva as embalagens ao longo das etapas de aquecimento e resfriamento. Também pode-se utilizar túneis de vapor, o qual possui várias zonas de aquecimento, promovendo no alimento um aquecimento mais rápido com tempo de residência mais curto, tendo a vantagem de ser equipamentos menores; e por fim o resfriamento é realizado fazendo uso de um jato fino de água ou através da imersão em banho de água.

Na pasteurização de líquidos a granel são utilizados trocadores de calor, os quais operam em processo contínuo. Para a pasteurização em grande escala de líquidos com baixa viscosidade, como o leite, sucos de frutas, ovo líquido, cervejas e vinhos; são utilizados trocadores de calor a placas. Estes consistem de uma série de finas placas verticais de aço inoxidável as quais são mantidas juntamente em uma armação de metal formando canais paralelos, sendo que o alimento líquido e o meio de aquecimento (água quente ou vapor) são bombeados pelos canais de forma alternada, com fluxo em contra corrente, como mostra a Figura 2. O produto já pasteurizado é posteriormente resfriado por água fria e, se necessário, por água gelada. (FELLOWS, 2006).

De acordo com o mesmo autor, certos alimentos requerem uma desaeração evitando assim alterações oxidativas durante o seu armazenamento.

A capacidade do trocador de calor a placas varia conforme o tamanho e o número de placas, sendo de até 80.000 L h^{-1} . Ele também faz a recuperação do calor durante o processo, reduzindo substancialmente o consumo de energia, afirma Fellows (2006).

Segundo ele, existem outros tipos de trocadores de calor usados para a pasteurização, como por exemplo o trocador de calor de tubos concêntricos, o qual é aconselhado para produtos alimentícios mais viscosos (produtos lácteos, maionese, ketchup e alimentos para bebês). Este trocador consiste de muitas serpentinas de aço inoxidável concêntricas, feitas de tubos com paredes duplas ou triplas. O alimento passa através das serpentinas sendo aquecido ou resfriado pela água que é recirculada pelas paredes dos tubos.

Os produtos depois de pasteurizados devem ser estocados em temperatura de refrigeração até serem consumidos.

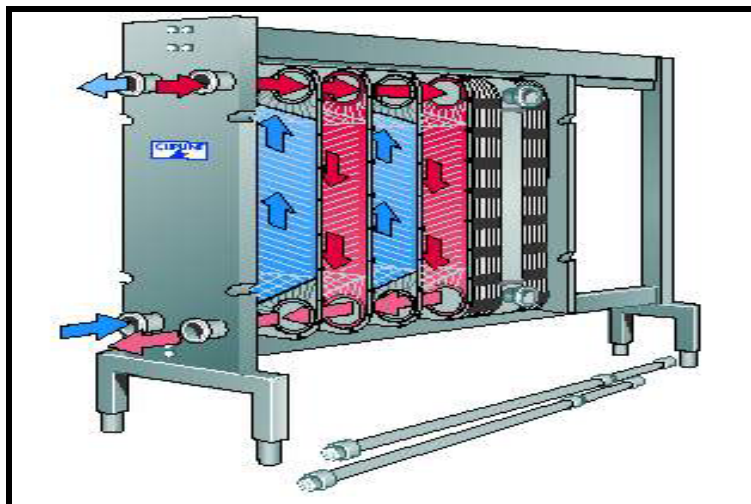


Figura 2 – Trocador de calor a placas.

Fonte: <http://www.ufrgs.br/alimentus/laticinios/leite_pasteurizado/trocador.jpg>. Acesso em: 15 ago. 2009.

3.2.2.2 Efeitos gerais nos alimentos

A pasteurização é um tratamento térmico relativamente brando quando comparado com a esterilização, os alimentos assim tratados apresentam pequenas mudanças nas características nutricionais e sensoriais. No entanto, a vida de prateleira de alimentos pasteurizados em geral é de poucos dias ou semanas e, para conseguir uma vida de prateleira adequada é necessário evitar a contaminação depois do processamento. (FELLOWS, 2006).

Nos sucos de frutas, a deterioração da cor ocorre geralmente devido ao escurecimento enzimático promovido pela polifenoloxidase. Esse escurecimento ocorre por causa da presença de oxigênio; sendo necessário a desaeração de sucos de frutas antes da pasteurização. O processo da pasteurização acarreta uma pequena perda de compostos aromáticos voláteis, o que causa uma redução na qualidade do produto e também pode causar sabor de “cozido”. (FELLOWS, 2006).

O leite depois de pasteurizado apresenta uma brancura diferente do leite quando cru, essa brancura é resultado da homogeneização ocorrida. Uma das vantagens da pasteurização do leite, é que esse processo provoca a perda de compostos voláteis do leite cru, removendo dessa maneira um aroma que lembra feno, resultando em um produto mais agradável. (FELLOWS, 2006).

Em relação aos nutrientes, a pasteurização provoca perdas de vitamina C e caroteno em sucos de frutas, mas esse efeito pode ser minimizado pela sua desaeração, antes de realizar a pasteurização. O leite sofre pequenas perdas no

conteúdo de vitaminas e também perde 5% das proteínas do soro. (FELLOWS, 2006).

3.2.3 Esterilização pelo calor

A esterilização pelo calor é a operação unitária que visa aquecer o alimento a uma temperatura relativamente elevada durante períodos de tempo variados, suficiente para que haja a destruição de microrganismos e a inativação de enzimas capazes de causar deteriorações ao alimento durante o seu armazenamento e, tem como objetivo principal a destruição de microrganismos patogênicos e deterioradores fazendo com que o consumidor se mantenha livre de germes nocivos a sua saúde. (SILVA, 2000).

A esterilização de alimentos se refere a uma esterilização comercial, pois não se atinge a temperatura que tornaria o alimento completamente estéril. Se isso acontecesse, o alimento tratado termicamente não seria interessante ao consumo do ponto de vista nutricional e sensorial, afirma Camargo (2006b).

Segundo ele, para minimizar os danos sensoriais e nutricionais que podem ocorrer nos alimentos tratados pelo calor, o melhor a fazer é submeter os alimentos ao menor tempo possível de exposição ao calor e utilizar temperaturas mais altas, atingindo também bons resultados em relação à segurança microbiológica.

Como resultado da esterilização, os alimentos são capazes de alcançarem uma vida de prateleira maior do que seis meses em temperatura ambiente. (FELLOWS, 2006).

De acordo com Silva (2000), na esterilização dos alimentos, existem os esporos termorresistentes que conseguem sobreviver, não eliminando toda a flora microbiana existente; mas essas espécies termófilas só conseguirão se desenvolver em temperaturas maiores que 45°C, não sendo capazes portanto de se desenvolver em condições normais de armazenamento desses alimentos.

O processo de esterilização pode ser feito por esterilização no recipiente (apertização) em autoclaves e também por processos de temperatura ultra-alta (UHT).

3.2.3.1 Esterilização no recipiente (Apertização)

Nicolas Appert, um confeitoiro parisiense, foi quem inventou o processo de apertização em 1809, chegando a ganhar o prêmio de 12.000 francos em um concurso proposto por Napoleão por causa de sua invenção, a qual consistia em um método para conservar alimentos durante um longo período de tempo. (SILVA, 2006).

Segundo ele, o método de Appert consistia em acondicionar os alimentos já elaborados, em jarros hermeticamente fechados com rolhas; logo após ele aplicava calor nesses jarros por meio de banho maria durante um certo período de tempo.

Com o passar do tempo os métodos foram melhorados e novas técnicas foram inventadas, para que a esterilização fosse cada vez mais eficiente, chegando até os dias de hoje com grande utilização pelas indústrias de alimentos.

Segundo Fellows (2006), o ar é removido por um processo chamado de “exaustão”, o qual evita a expansão do ar com o calor aplicado, reduzindo dessa forma a tensão na embalagem, além de evitar a corrosão interna e possíveis alterações oxidativas em alguns alimentos.

O tempo e a temperatura de esterilização necessária para um alimento é influenciado por diversos fatores, como: (FELLOWS, 2006).

- resistência ao calor das enzimas e microrganismos que podem estar presentes no alimento;
- condições de aquecimento (tipo de autoclave);
- pH do alimento;
- tamanho do recipiente;
- estado físico do alimento.

Para se determinar o tempo de processamento de um certo alimento e suas condições, é importante ter informações sobre a resistência dos microrganismos, em especial aos esporos termorresistentes, das enzimas que podem estar presentes e também das taxas de penetração do calor no alimento, afirma Fellows (2006).

a) Resistência térmica e destruição térmica dos microrganismos

As formas mais resistentes dos microrganismos são os esporos, que diante de várias explicações, acredita ser uma estrutura resistente produzida com o objetivo de tornar o microrganismo capaz de sobreviver às fragilidades do meio externo, afirma Silva (2000).

A resistência térmica de um microrganismo, ou de uma população microbiana conhecida, pode ser determinada pelo aquecimento, a uma temperatura determinada com antecedência, para se calcular o tempo necessário, para destruir 90% dessa população. Este tempo é conhecido como valor D, àquela temperatura T, em °C, previamente conhecido (TDT °C = min). D é conhecido como o tempo de redução decimal, visto que reduz a população microbiológica a um décimo do seu valor inicial [...]. (SILVA, 2000, p. 140, 141).

Então esse valor D (Figura 3) pode ser definido como o tempo em minutos, a uma temperatura já conhecida, necessário para destruir 90% de uma população bacteriana, ou seja, diminuir essa população a um décimo do seu valor original, ressalta Silva (2000).

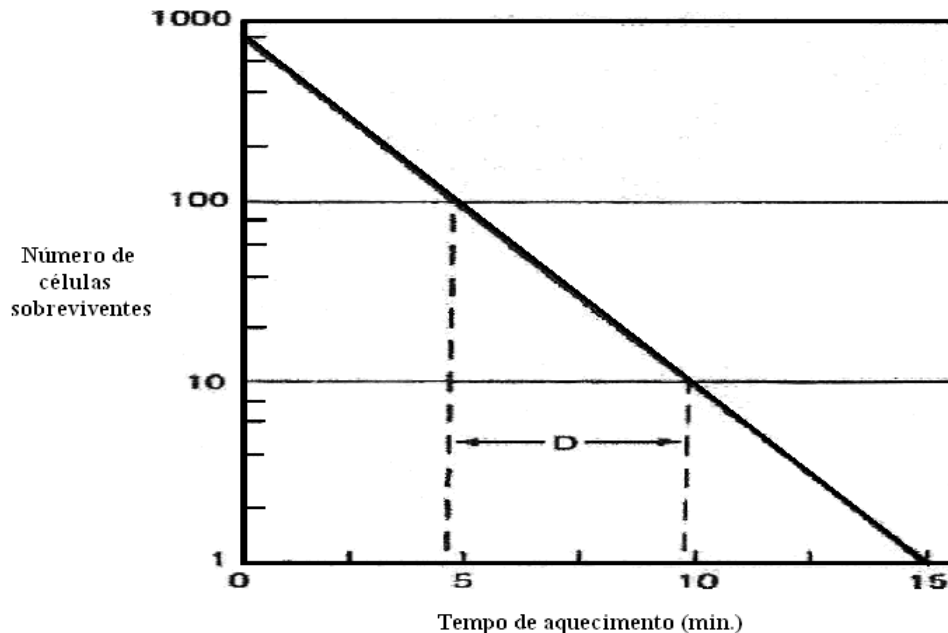


Figura 3 – Curva de resistência térmica dos microrganismos.

Fonte: Silva, 2000, p. 141.

O tempo e a temperatura a serem utilizados no processamento devem ser estabelecidos tendo em vista a resistência térmica dos esporos de *Clostridium*

botulinum. O mínimo de processamento para os alimentos apertizados é quando este for suficiente para causar a destruição dos esporos desse microrganismo. (GAVA, 1983).

Segundo o mesmo autor, em condições favoráveis, como pH acima de 4,5 e o meio anaeróbio, a forma vegetativa do *Clostridium botulinum* produz uma toxina muito poderosa, que pode causar uma intoxicação alimentar violenta, suficiente para ser fatal. Essa toxina é produzida pelo microrganismo em questão na sua forma vegetativa e não quando em forma de esporo, mas mesmo assim é necessário a destruição do esporo, pois este pode germinar em condições favoráveis e a forma vegetativa poderá produzir a toxina. A toxina e a forma vegetativa do microrganismo não são resistentes ao calor, embora os esporos são mais resistentes, sendo necessário várias horas a 100°C para que ocorra sua destruição; mas esse tempo aplicado é muito longo, prejudicando as características organolépticas dos alimentos apertizados, tornando-os inaceitáveis.

Silva (2000) relata que a morte das bactérias tem sido definida como a incapacidade delas se desenvolverem, ou seja, perdem a capacidade de se reproduzirem.

De acordo com Gava (1983), a destruição dos microrganismos pelo calor ocorre devido à coagulação de suas proteínas, especialmente à inativação dos sistemas enzimáticos, que são necessários ao seu metabolismo. O tratamento térmico a ser realizado nos alimentos para a destruição de microrganismos e de seus esporos, está relacionado com o tipo de microrganismo, estado e de certas condições ambientais.

Silva (2000) declara que a acidez de um produto também interfere no seu processamento térmico. No caso de alimentos de baixa acidez (pH>4,5), são encontrados tanto os microrganismos deterioradores quanto os patogênicos, na sua forma vegetativa ou esporogênica, sendo necessário tratamento com temperaturas mais elevadas para causar a destruição destes. Em alimentos ácidos e muito ácidos (pH<4,5), se desenvolvem mais leveduras e bolores, sendo empregado um tratamento mais leve, de temperaturas mais baixas, pois estes não resistem a temperaturas da ordem dos 100°C.

Na destruição dos microrganismos, que ocorre em ordem logarítmica, mantendo-se as condições térmicas constantes, a mesma porcentagem de células será destruída, em um determinado intervalo de tempo,

independente do número de células sobreviventes, ou seja, se uma determinada temperatura destrói 90% de uma população bacteriana em um minuto, 90% da população sobrevivente será destruída no segundo minuto, 90% do que restou no terceiro e assim por diante [...]. (SILVA, 2000, p. 143).

A curva de destruição térmica dos microrganismos está representada na Figura 4.

O valor de z é definido como o número de graus centígrados necessário para que haja o aumento ou diminuição da temperatura (variações na temperatura) a fim de que o valor de D diminua ou aumente, respectivamente. (ORDÓÑEZ, 2005).

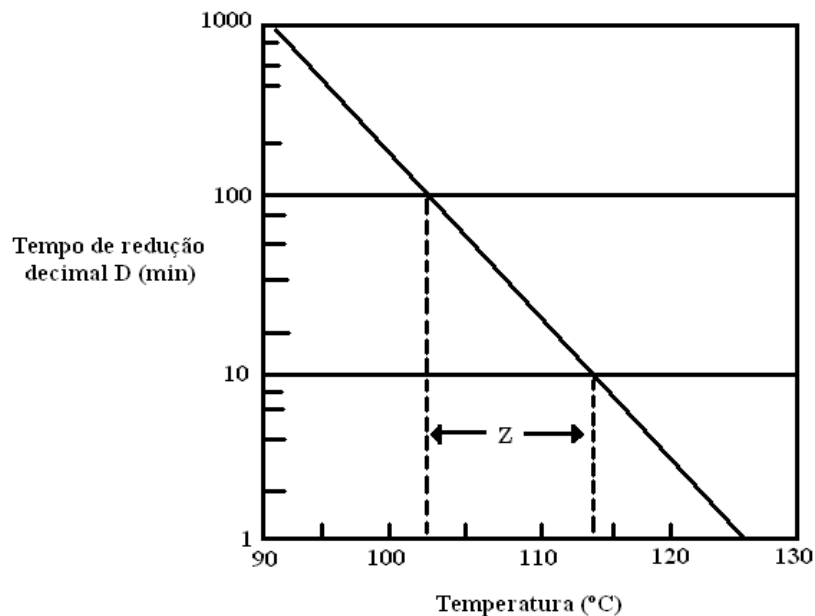


Figura 4 – Curva de destruição térmica dos microrganismos.
Fonte: Silva, 2000, p. 143.

b) Taxa de penetração do calor

De acordo com Fellows (2006), o calor é transmitido do vapor ou da água pressurizada através do recipiente até chegar ao alimento no interior deste.

Os fatores que influenciam a taxa de penetração do calor em um alimento são:

- Tipo de produto: Os alimentos líquidos ou particulados são aquecidos mais rapidamente do que os alimentos sólidos, pois o calor é transferido por correntes de convecção; enquanto que nos sólidos a transferência de calor é mais demorada pois ocorre por um processo de condução. (FELLOWS, 2006).

- Tamanho do recipiente: A penetração de calor até o centro dos recipientes é mais rápida em embalagens pequenas do que nas maiores. (FELLOWS, 2006).

- Agitação do recipiente (Aquecimento com sistema giratório): Quando o recipiente é submetido a movimentos giratórios, a penetração de calor no interior da embalagem acontece com mais facilidade; essa rotação além de promover a melhor difusão do calor no interior do recipiente, diminui o tempo de aquecimento e o período de resfriamento, evitando assim a degradação dos nutrientes contidos no produto. (SILVA, 2000).

- Temperatura da autoclave: Quando há uma diferença maior entre a temperatura da autoclave e a temperatura do alimento, isso faz com que ocorra uma penetração de calor mais rápida. (FELLOWS, 2006).

- Forma e tipo de recipiente: Os recipientes baixos e planos são aquecidos mais rapidamente do que aqueles de grande porte (mais altos). O tipo de recipiente também influi na taxa de penetração de calor, sendo que essa transferência de calor em recipientes de metal (folha de flandres) é mais rápido do que através de vidros e plásticos, devido as diferentes condutividades térmicas dos recipientes. (EVANGELISTA, 1987).

- Disposição dos produtos: A maneira como os produtos estão dispostos dentro dos recipientes, também podem afetar a transferência de calor no seu interior. Um exemplo é o palmito, que é aquecido com mais rapidez quando suas embalagens são colocadas em posição vertical na autoclave, pois permite que a transferência de calor seja feita naturalmente por convecção. (SILVA, 2000).

A distribuição da temperatura dentro dos recipientes não é uniforme quando recebe calor; a região onde o aquecimento é mais lento denomina-se “ponto frio”. Em alimentos nos quais o calor se expande por condução, esse ponto se encontra no centro geométrico do eixo vertical do recipiente e, quando o calor é difundido por convecção, esse ponto se encontra no fundo do recipiente, no eixo vertical. (EVANGELISTA, 1987).

A Figura 5 apresenta os diferentes modos de transferência de calor em um recipiente, e a Figura 6 mostra como os produtos são agitados nos recipientes.

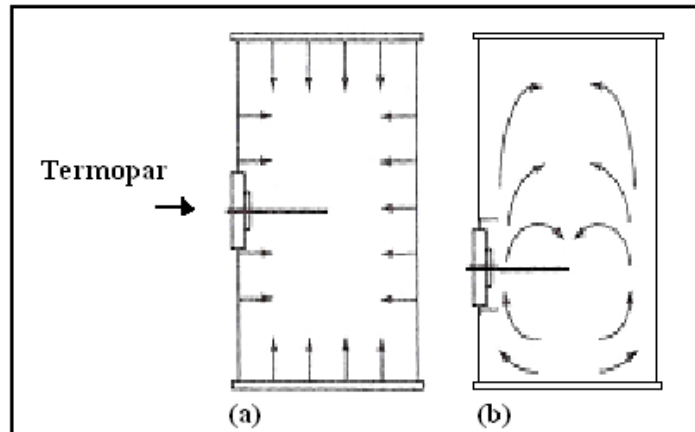


Figura 5 – Transferência de calor em recipientes por (a) condução e (b) convecção.
 Fonte: Fellows, 2006, p. 264.

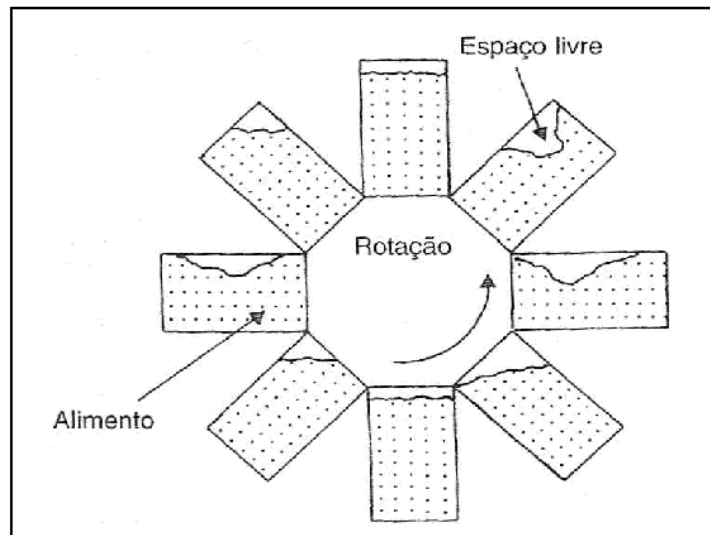


Figura 6 – Agitação por inversão de recipientes.
 Fonte: Fellows, 2006, p. 264.

De acordo com Fellows (2006), o termopar representado na Figura 5, mede a taxa de penetração do calor, sendo colocado no centro térmico de um recipiente onde o ponto de aquecimento do alimento é mais lento, e assim ele mede as temperaturas do alimento durante todo o processamento.

Silva (2000) declara que os recipientes ou embalagens utilizadas para os produtos apertizados, são representados pelas latas e pelos vidros sendo os mais comuns, e também pelos laminados autoclaváveis os quais se destacam pelo uso de poliéster ou nylon, pela sua resistência a temperaturas elevadas, combinado com alumínio e um filme termossoldável (polietileno, polipropileno e poliolefina). Outros tipos de embalagens encontradas para essa finalidade são os *Pouches* flexíveis e as Bandejas rígidas, afirma Fellows (2006).

Os processos de esterilização se processam em esterilizadores com atmosfera controlada, a altas pressões e temperaturas. (SILVA, 2000).

Os métodos utilizados para o aquecimento de alimentos em embalagens fechadas são representados pelo uso de vapor saturado, por água quente e aquecimento por chama, sendo o primeiro método o mais comum. (FELLOWS, 2006).

O mesmo autor descreve que no método de aquecimento por vapor saturado, é muito importante que todo o ar seja removido da autoclave pelo vapor que entra por um processo denominado ventilação.

No aquecimento por vapor saturado, a aplicação do calor deve ser feita de maneira lenta para evitar mudanças bruscas de temperatura no alimento e deformações ou rompimentos das embalagens. Quando a temperatura do alimento se aproxima da temperatura da autoclave, há um equilíbrio parcial da pressão interna da embalagem com a pressão do vapor que envolve as embalagens. Na fase de aquecimento a pressão interna da embalagem é menor que a pressão da autoclave, por isso as embalagens são comprimidas, o contrário acontece durante o resfriamento. Por isso é importante reduzir ao mínimo essas diferenças de pressão, o que pode ser conseguido pelo controle da velocidade de aquecimento e resfriamento e, também aplicando-se ar à pressão que equilibra a pressão interna da embalagem no decorrer do resfriamento. (ORDÓÑEZ, 2005).

Após a esterilização dos alimentos, os recipientes são resfriados por jatos de água, comenta Fellows (2006).

Outro tipo de esterilização feita é por água quente, esse aquecimento é usado em produtos que possuem embalagens de vidro ou *pouches* autoclaváveis e esse processo utiliza uma sobrepressão de ar. (FELLOWS, 2006).

O aquecimento por chama que é um outro tipo de processo para esterilização, se dá pelo aquecimento direto por chama em latas rotatórias sob pressão atmosférica. Esse processo faz com que haja altas taxas de transferência de calor no recipiente, declara Fellows (2006).

Os equipamentos utilizados para a realização da esterilização nos recipientes (apertização), são representados pelas autoclaves, que podem operar de forma descontínua (em batelada) ou de forma contínua.

As autoclaves descontínuas ou em batelada, podem ser verticais (carga pela parte superior) ou horizontais (carga frontal) as quais carregam e descarregam a

cada processo de um lote e, podem receber um número diferente de embalagens dependendo do tamanho da autoclave. Quando comparado às autoclaves contínuas, essas em batelada apresentam um consumo de água maior. (ORDÓÑEZ, 2005).

A Figura 7 mostra o esquema de uma autoclave descontínua vertical. Quando a carga da autoclave se completa, a tampa é fechada; em seguida põe-se em funcionamento se houver o sistema de agitação, logo depois o vapor é injetado e este vai aquecendo o produto ao mesmo tempo que elimina as bolhas de ar que podem existir no interior. Quando não houver mais essas bolhas, a válvula de escape é fechada e o aquecimento se inicia acima de 100°C com consequente aumento da pressão até o valor programado (exemplo: 75 KPa, equivalente a 116,4°C); se a pressão aumenta demais, a válvula de controle é aberta para solucionar o caso. Após o tratamento de esterilização, é feito o processo de resfriamento, reduzindo-se a pressão lentamente com a ajuda da injeção de ar comprimido; após se restituir a pressão atmosférica e a temperatura adequada, a autoclave é aberta e descarregada, descreve Ordóñez (2005).

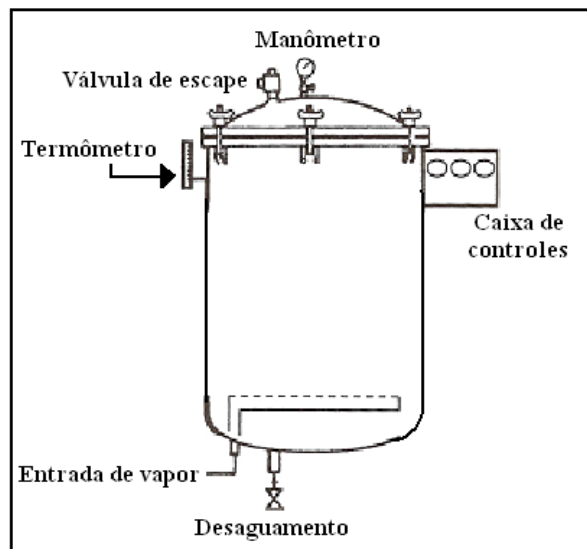


Figura 7 – Esquema de uma autoclave descontínua vertical.
Fonte: Ordóñez, 2005, p. 117.

Os principais tipos de autoclaves contínuas, são as de túnel, rotatória e hidrostática. Nas autoclaves de túnel, as embalagens são carregadas em um transportador ao longo de três seções, cada uma com diferentes pressões para o pré-aquecimento, a esterilização e o resfriamento. As autoclaves rotatórias consistem de um tambor que gira lentamente dentro de um vaso pressurizado, esse

vaso possui um trilho helicoidal na parede interna, por onde as embalagens se movem no tambor, passando por três fases pressurizadas. (FELLOWS, 2006).

As autoclaves hidrostáticas talvez sejam as mais comuns. Elas possuem uma zona central que se comunica com dois ramais laterais. Quando o processo é iniciado, a pressão e a temperatura da zona central vão aumentando até os valores programados e, ao mesmo tempo é criado um gradiente de temperatura na água dos ramais. Uma esteira rolante transporta as embalagens desde o local de carga, passando pelo ramal da esquerda onde o produto vai sendo pré-aquecido, chega na zona central onde é esterilizado (o tempo que demora para percorrer a zona de vapor que fica na zona central, se resume no tempo de processamento) e depois as embalagens passam pelo ramal da direita, onde a temperatura vai diminuindo, passando por um conjunto de duchas de resfriamento e posterior banho de água, até chegarem ao final do processo, quando as embalagens são descarregadas. (ORDÓÑEZ, 2005).

As vantagens das autoclaves contínuas é resultar em um produto mais uniforme por ter um controle minucioso sobre as condições de processamento. Por outro lado, tem a desvantagem de perder grande quantidade de produtos em processamento no caso de acontecer alguma pane, afirma Fellows (2006).

3.2.3.2 Processo asséptico – Temperatura ultra-alta (UHT)

A base do processamento UHT (também denominado de processo asséptico) consiste no aquecimento muito rápido, até altas temperaturas, em torno de 135°C a 150°C, mantidas durante um tempo muito curto, que varia de 2 a 5 segundos. (ORDÓÑEZ, 2005).

Os produtos esterilizados pelo processo UHT são processados antes de serem envasados em um ambiente completamente estéril, sendo que as embalagens nas quais serão acondicionados esses produtos, devem ser previamente esterilizadas. É um método utilizado para uma grande variedade de alimentos líquidos, como leite, sucos e concentrados de frutas, creme, iogurte, vinho, molhos e misturas para sorvete; sendo também empregado no processamento de alimentos que contenham pequenas partículas, como alimentos infantis, ricota, sopas, frutas e hortaliças, entre outros. Uma vantagem muito importante nesse

processamento é que este fornece ao produto uma vida de prateleira de no mínimo seis meses sem refrigeração. (FELLOWS, 2006).

Ele também relata que o processamento UHT possui suas limitações, que são o custo e a complexidade da planta, pois necessitam de materiais de embalagem, tubulações e tanques estéreis, além da manutenção de ar e superfícies estéreis nas máquinas de enchimento, sendo também importante a necessidade de pessoal especializado em suas tarefas.

A esterilização por temperatura ultra-alta (UHT), assim como a esterilização de produtos envasados, destrói os microrganismos mais termorresistentes para conseguir a esterilização comercial (destruição de 99,9%). Para um dado aumento da temperatura, a taxa de destruição de microrganismos e enzimas aumenta mais rapidamente do que a taxa de destruição de nutrientes e componentes sensoriais, sendo confirmado portanto a importância do processamento utilizando temperaturas mais altas, as quais mantêm melhor a qualidade dos alimentos. Apesar do tratamento, algumas enzimas resistentes ao calor conseguem sobreviver, como as proteases e as lípases, não sendo destruídas por alguns processamentos UHT, o que pode ocasionar alterações no sabor dos produtos quando armazenados por muito tempo, afirma Fellows (2006).

Ao contrário da esterilização na embalagem, na qual o principal efeito letal em geral ocorre no final do estágio de aquecimento e início do estágio de resfriamento, nos processos de UHT o alimento é aquecido rapidamente até a temperatura de retenção, e a maior parte da letalidade é acumulada sob temperatura constante. (FELLOWS, 2006, p. 275).

De acordo com Fellows (2006), o processamento do alimento por UHT é realizado aquecendo-se o alimento em camadas relativamente finas em um trocador de calor contínuo mantendo um controle preciso sobre a temperatura e o tempo de esterilização. É importante saber regular o tempo de processamento e a temperatura, para garantir que os esporos microbianos não sobrevivam ao processo. O produto esterilizado então é resfriado em um segundo trocador de calor ou em câmara de vácuo quando necessitar da desaeração. Esse processamento asséptico é utilizado com sucesso em alimento líquidos e com pequenas partículas, existindo ainda problemas no processamento de alimentos sólidos.

Algumas características do processamento UHT, são as seguintes: operação em temperaturas acima de 132°C; exposição de um pequeno volume de produto a

uma grande área superficial de troca térmica; manutenção de turbulência durante a passagem do produto através da superfície de aquecimento; utilização de bombas para permitir que o produto se mantenha num fluxo contínuo contra a pressão no trocador de calor e a constante limpeza das superfícies de aquecimento mantendo assim uma taxa alta de transferência de calor e redução da queima do produto. (FELLOWS, 2006).

Os processos de UHT (*ultra high temperature*) podem ser realizados em duas modalidades: (ORDÓÑEZ, 2005).

a) Processos indiretos: o aquecimento é realizado em trocadores de calor (tubulares ou de placa), não ocorrendo portanto o contato entre o fluido calefator (vapor d'água) e o alimento.

No caso dos processos indiretos, o alimento é aquecido por meio de dispositivos metálicos, sendo de placas ou de tubos, responsáveis pela condução de energia calorífica. Funciona igualmente à pasteurização, sendo o aquecimento destes dispositivos gerado por meio de água quente ou vapor. (CUNHA, 2001).

A Figura 8 mostra um diagrama simplificado do processo UHT indireto.

O produto procedente do tanque de armazenamento (1) é impulsionado pela bomba (2) até a seção de regeneração (3), onde começa a ser aquecido mediante o trocador de calor com a energia que o produto processado ainda mantém. O aquecimento até 80°C a 85°C completa-se com o trocador (4) de baixa pressão e no trocador-regenerador (5), passando depois ao trocador (6) onde se produz a esterilização do produto. O sistema de aplicação de vapor que opera pneumáticamente a 300 a 400 KPa mantém a temperatura (135°C a 150°C) por um tempo curto (2 a 4 segundos). Se a temperatura cai abaixo do valor programado, a válvula de desvio de fluxo (T) conduz o produto ao tanque de armazenamento (1) antes do resfriamento no trocador (8). Se a temperatura do tratamento foi correta, o produto passa pelos trocadores-regeneradores (5 e 3) e, posteriormente, é levado à temperatura (10°C a 14°C) da embalagem asséptica mediante o trocador (7). Após o uso, a instalação é esterilizada automaticamente com vapor (ou água pressurizada a 145°C até 155°C). (ORDÓÑEZ, 2005, p. 118-119).

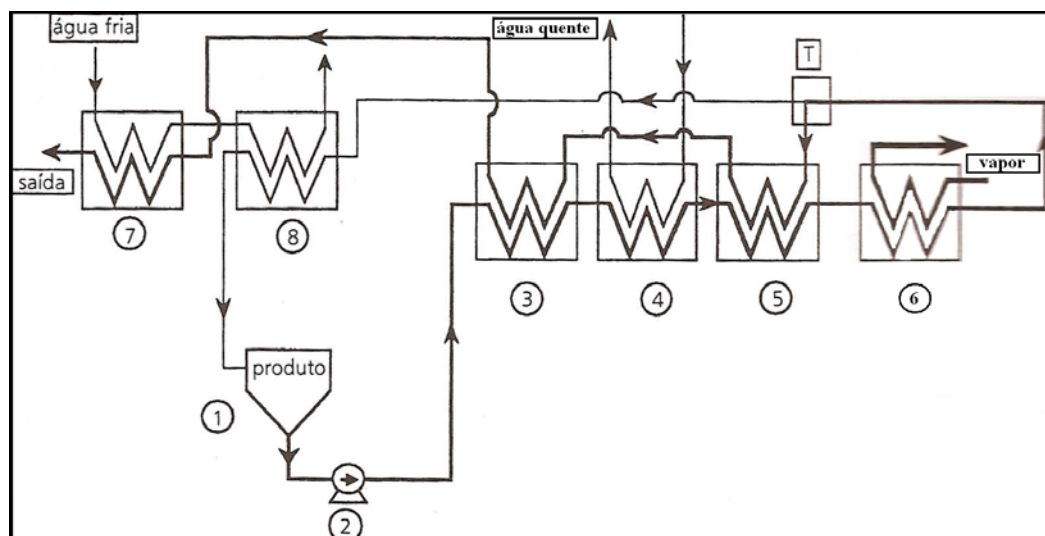


Figura 8 – Diagrama de fluxo do processo UHT indireto.
Fonte: Ordóñez, 2005, p. 119.

b) Processos diretos: essa modalidade consiste na injeção de vapor d' água no alimento (método de injeção) ou na injeção do alimento em vapor d' água (método de infusão), havendo portanto o contato íntimo entre o agente calefator e o alimento. O aquecimento é praticamente instantâneo, passando de 85°C a 140°C em décimos de segundos. Através desse método direto, sempre ocorre a condensação de uma porção de vapor no alimento, provocando uma diluição de cerca de 10%, o que é corrigido através da aplicação de vácuo.

A injeção de vapor é um método onde o produto pré-aquecido em temperaturas entre 70 e 80°C passa a ser aquecido por um injetor de vapor quente e homogeneizado, até a temperatura de 130 a 150°C rapidamente, ou seja, durante 2 a 4 segundos. Logo após, passa por uma câmara de vácuo a fim de reduzir a temperatura instantaneamente até 70°C e também eliminar a água do vapor condensado e as substâncias (voláteis) que podem causar odores indesejáveis ao produto; em seguida o produto é acondicionado em embalagens estéreis em um ambiente asséptico e fechadas hermeticamente. (CUNHA, 2001).

De acordo com Fellows (2006), o método de injeção de vapor possui algumas vantagens, como: aquecimento e resfriamento mais rápido, sendo, portanto adequado para alimentos mais termossensíveis e a remoção de substâncias voláteis é importante para alguns alimentos, como o leite. Além dessas vantagens, existem algumas limitações que são: método adequado só para alimentos de baixa viscosidade, controle relativamente fraco das condições de processamento, necessidade de vapor potável o qual é mais caro para produzir do que o vapor de

processamento normal, a regeneração de energia é menor em comparação àquela dos sistemas indiretos, entre outras.

A infusão de vapor que é outro método direto, consiste em aspergir o alimento sobre o vapor potável de alta pressão em um vaso pressurizado; o alimento é aquecido entre 142 e 146°C durante aproximadamente 0,3 segundos, logo após é resfriado instantaneamente até 65 a 70°C em uma câmara de vácuo. A infusão de vapor possui algumas vantagens em relação aos métodos de injeção, que são as seguintes: aquecimento quase instantâneo do alimento até a temperatura de vapor e um rápido resfriamento, resultando em alta retenção das propriedades nutritivas e características organolépticas do alimento, um controle maior das condições de processamento, menor risco de queima no produto e é mais adequado para alimentos mais viscosos. No entanto, esse processo também possui desvantagens, como o entupimento dos jatos e separação dos componentes em alguns alimentos. (FELLOWS, 2006).

3.2.3.3 Efeitos gerais nos alimentos

Segundo Fellows (2006), as combinações tempo-temperatura utilizadas no processamento térmico tem efeitos substanciais na maioria dos pigmentos naturais dos alimentos. Em carnes por exemplo, o pigmento vermelho é convertido em marrom e a mioglobina roxa é convertida em mioemicromogênio, de cor vermelho-amarronzada. Nas carnes esterilizadas também ocorre o escurecimento por reações de Maillard e por reações de caramelização, mas essa é uma alteração aceitável em carnes cozidas.

Em frutas e hortaliças, a clorofila é convertida em feofitina, as antocianinas são degradadas para pigmentos amarronzados; sendo que essa perda de coloração é frequentemente corrigida através do uso de corantes sintéticos permitidos. (FELLOWS, 2006).

A descoloração de alimentos enlatados (autoclavados) durante a estocagem, ocorre por exemplo, quando ferro ou estanho reagem com antocianinas para formar um pigmento roxo. As reações de Maillard e a caramelização também provocam suaves alterações no leite. (FELLOWS, 2006).

No processo UHT os pigmentos da carne mudam de cor, no entanto ocorre pouca caramelização e reações de Maillard. Nesse tipo de processamento, os

carotenos e betaninas praticamente não são afetados, e a clorofila e antocianinas ficam mais retidas. Em relação ao leite, este adquire uma coloração mais branca. (FELLOWS, 2006).

Em carnes enlatadas ocorrem alterações complexas, como pirólise, reações de Maillard e oxidação de lipídios por exemplo, sendo que as interações entre esses componentes formados produzem diversos compostos aromáticos. Nas frutas e hortaliças, as alterações são devidas a reações complexas que ocorrem com aldeídos, cetonas, açúcares, lactonas, aminoácidos e ácidos orgânicos. No processamento do leite, pode ocorrer a desnaturação das proteínas do soro, o que gera o desenvolvimento do sabor de cozido. (FELLOWS, 2006).

Já em alimentos esterilizados pelo processo UHT, as alterações são menos drásticas, sendo que ocorre uma maior retenção do aroma natural do leite, de sucos de frutas e de hortaliças. (FELLOWS, 2006).

As alterações na textura das carnes enlatadas, são causadas pela coagulação e pela perda da capacidade de retenção de água das proteínas, provocando um endurecimento e encolhimento dos tecidos musculares. Polifosfatos são adicionados em alguns produtos com a finalidade de retenção de água, o que aumenta a maciez do produto e diminui o encolhimento. O amolecimento de frutas e hortaliças é causado pela hidrólise de materiais pécticos, pela gelatinização do amido e pela solubilização parcial da hemicelulose. (FELLOWS, 2006).

Podem ocorrer também pequenas alterações na viscosidade do leite, causadas pela modificação de K-caseína, que pode gerar maior sensibilidade à precipitação e à coagulação do cálcio. (FELLOWS, 2006).

No processamento por UHT não ocorre alterações na viscosidade do leite e sucos de frutas. A textura de frutas e hortaliças é mais macia do que as naturais devido à solubilização de materiais pécticos, mas é bem mais firme quando comparada a dos produtos enlatados (autoclavados). A textura de patês de carne não é substancialmente afetada pelo processo UHT. (FELLOWS, 2006).

Em relação aos nutrientes, o processo térmico causa a hidrólise de lipídios e carboidratos, mas estes continuam presentes, sendo assim o valor nutricional do alimento não é afetado. Ocorre a coagulação de proteínas e as carnes enlatadas sofrem perdas de aminoácidos que variam de 10 a 20%. (FELLOWS, 2006).

A perda de vitaminas está relacionada principalmente no que diz respeito a tiamina (50 a 75%) e ao ácido pantotênico (20 a 35%). Podem ocorrer perdas

significativas de vitaminas que sejam solúveis em água de frutas e hortaliças enlatadas, principalmente de ácido ascórbico. As variações dependem muito do tipo de alimento, da presença residual de oxigênio na embalagem e de métodos para preparação ou branqueamento. (FELLOWS, 2006).

Os produtos de carne e hortaliças quando processados assepticamente (UHT), perdem tiamina e piridoxina, mas as outras vitaminas quase não são afetadas. No processamento do leite por UHT, os lipídios, carboidratos e minerais permanecem praticamente iguais. (FELLOWS, 2006).

4 CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO CONTROLE DA UMIDADE

Um dos fatores mais importantes para a manutenção da vida em nosso planeta é a disponibilidade de água, assim como a presença de macronutrientes como os carboidratos, proteínas, lipídios e de micronutrientes como vitaminas e minerais. Todos esses fatores em quantidade e qualidade desejadas, são responsáveis pela manutenção do equilíbrio fisiológico da vida. Assim como o ser humano, os microrganismos também necessitam de água para se manterem, pois esta sendo tratada como um solvente universal, serve para realizar o transporte de nutrientes para todo o espaço intracelular e para solubilizar nutrientes que não poderiam ser aproveitados na sua forma original pelos microrganismos. (CAMARGO, 2006c).

Como a maioria dos alimentos tem quantidade suficiente de umidade para favorecer a ação de suas próprias enzimas e de microrganismos que neles se encontram, é necessário a remoção da maior quantidade de água possível, para que haja a preservação destes, declara Silva (2000).

Essa preservação é realizada através da secagem, a qual é uma das práticas de conservação mais antigas desenvolvida pelo homem, e tem como objetivo principal o prolongamento da vida de prateleira dos alimentos por meio da redução da atividade de água, ação na qual provoca a inibição do crescimento microbiano e também da atividade enzimática, sendo portanto um método de conservação que age indiretamente sobre os microrganismos, afetando o meio em que eles vivem. A temperatura de processamento costuma ser insuficiente para provocar a inativação das enzimas e dos microrganismos, sendo assim, qualquer aumento no teor de umidade durante a estocagem, devido a uma embalagem defeituosa por exemplo, resultará conseqüentemente em uma rápida deterioração do alimento. (FELLOWS, 2006).

Apesar de existirem outros tipos de secagem que não utilizam o calor, nesse trabalho será abordado os tipos que fazem uso do calor, como a secagem natural (sol), secagem artificial (desidratação) e evaporação, os quais serão discutidos depois.

A redução da atividade de água dos alimentos, consiste na redução da água livre, a qual é um dos componentes dos alimentos que os microrganismos mais necessitam para o seu desenvolvimento. Com essa redução, ocorre o aumento da

pressão osmótica do meio e redução das condições propícias ao desenvolvimento destes, afirma Silva (2000).

Além da água livre ou água não-ligada, tem-se a água combinada ou ligada ao substrato (alimento), que ao contrário da água livre, não estará disponível para o desenvolvimento dos microrganismos. (SILVA, 2000).

Com relação a isso, afirma-se que não é o conteúdo de água ou de umidade que dá a idéia de disponibilidade aos agentes deteriorantes, mas sim a sua condição no alimento. Se um alimento, por exemplo tem 30% de umidade, pode ser que ele tenha menos água disponível aos deterioradores, do que um alimento com 12% de umidade. (SILVA, 2000).

De acordo com Gava (1983) a redução do peso (de 50 a 80%) do alimento, é feita não apenas pela eliminação da água, mas também pela retirada das partes que não são comestíveis, como a casca, sementes, caroço, entre outras. Com isso haverá conseqüente redução do peso, do volume e maior estabilidade do alimento, tendo grande importância no que diz respeito aos custos com a embalagem, transporte e estocagem dos produtos, sendo estes custos bem menores.

Gava (1983) declara que a escolha do método de secagem a ser utilizado em diferentes produtos, vai depender das condições climáticas, da natureza da matéria-prima, exigências do mercado, custo de produção e mão-de-obra especializada.

4.1 SECAGEM NATURAL

Segundo Silva (2000), a secagem natural é realizada pela exposição do alimento sob a luz solar, produzindo um material bastante concentrado e de boa qualidade, porém esse método não é recomendado para grandes quantidades de alimentos, pois depende de muitos fatores a serem controlados. São fatores relacionados com o clima (chuvas, ventos fortes, tempestades de areia, etc) e com a presença de insetos e roedores, os quais limitam a utilização deste método de secagem.

De acordo com o mesmo autor, esse tipo de secagem já não é praticado com tanta intensidade como até alguns anos atrás, isto se deve a utilização de processos nos quais se obtém produtos iguais (frutas translúcidas, uniformidade de cor, entre outros) e com qualidade muitas vezes melhor do que aqueles obtidos por secagem natural.

Do ponto de vista econômico, o processo de secagem natural tem custo de produção bem menor que outros processos, no que diz respeito aos gastos com energia e também devido a sua simplicidade. Mas esse tipo de secagem só pode ser empregado com sucesso, em regiões de clima quente, seco e livre de chuvas durante o período da colheita, pois do contrário, pode-se perder grande quantidade de matéria-prima. Além do local reservado para a secagem dos alimentos ter todas as características anteriores, é necessário que as áreas de secagem sejam grandes, devendo situar-se distantes das vias de acesso e é preciso também que haja o total controle dos insetos e roedores. Outra característica desse processo é ser relativamente lento, podendo demorar até 10 dias. (SILVA, 2000).

De acordo com Camargo (1989), o processo de secagem natural das frutas consiste em se colocar a matéria-prima em tabuleiros ou bandejas que em seguidas serão levadas ao sol, devendo ser agitadas de vez em quando. Com o objetivo de prevenir o escurecimento indesejável e obter a inativação de enzimas, muitas frutas devem ser tratadas previamente com dióxido de enxofre.

Para que esse processo obtenha um melhor resultado, é preciso que o tratamento seja dividido em duas etapas: a primeira delas é iniciada ao sol e continua até que o produto tenha perdido cerca de 50 a 70% de umidade, a segunda etapa deve ser realizada à sombra, para que o produto não fique ressecado e não perca seu sabor e aroma natural. Se o material for seco totalmente ao sol, provavelmente ele se tornará escuro e coriáceo. (GAVA, 1983).

Segundo este autor, a formação da camada coriácea (dura) externa à matéria-prima, poderá ocorrer quando a temperatura do ar estiver alta e sua umidade relativa estiver baixa; desta maneira a velocidade de evaporação da umidade que encontra-se na superfície do alimento é maior que a difusão do líquido no seu interior, formando assim uma camada endurecida que depreciará o alimento final. Apesar dessa ocorrência ser mais acentuada na desidratação artificial, ela também ocorre na secagem natural.

De acordo com Silva (2000), quando a secagem é realizada à sombra, ela se torna mais eficiente quando se faz uso de ventiladores para melhorar a movimentação do ar.

Os locais de secagem devem ser providos de cimento, pedra, pedregulho ou de qualquer material capaz de irradiar calor dotados de suportes para os tabuleiros, que devem ser dispostos de modo que possam receber uma boa

irradiação e permitam a fácil circulação do ar quente. Os tabuleiros são colocados uns sobre os outros, com espaço suficiente para a ventilação e com a possibilidade de se colocar, na parte superior, um abrigo de vidro ou de tela contra insetos, chuva, poeira, etc., os tabuleiros não devem ser muito grandes a ponto de dificultar os trabalhos. (SILVA, 2000, p. 163-164).

O tempo necessário para o processo de secagem depende das propriedades físico-químicas da matéria-prima, do tamanho e principalmente da quantidade de água contida no produto, além da maior ou menor intensidade de irradiação solar. (SILVA, 2000).

Segundo ele, tanto os produtos de origem animal quanto os produtos de origem vegetal podem ser conservados pela secagem natural (sol). Entre os produtos de origem animal, se destacam a carne (charque) e os peixes (Figura 9); e os de origem vegetal que merecem destaque são as frutas (uva, ameixa, pêsego, pêra, etc.), os cereais, leguminosas, condimentos e especiarias.

Gava (1983) relata que uma fruta fresca que possui uma umidade de cerca de 90%, ao ser seca pelo sol, passará a apresentar uma umidade em torno de 20 a 25%.



Figura 9 – Secagem natural do peixe.

Fonte: <<http://www.grupeixe.pt/processo.html>>. Acesso em: 10 out. 2009.

4.2 SECAGEM ARTIFICIAL OU DESIDRATAÇÃO

A desidratação ou secagem, sendo uma forma de preservar o alimento, é definida como a aplicação de calor sob condições cuidadosamente controladas (temperatura, umidade e corrente de ar), para remover por evaporação, a maior parte de água contida em um alimento, ou seja, é um método que envolve

simultaneamente a aplicação de calor no produto e a remoção de água do mesmo. (FELLOWS, 2006).

Segundo ele, o método da secagem pode causar nos alimentos uma deterioração tanto nas qualidades sensoriais como também no valor nutricional. Por conta disso, o projeto e a operação de equipamentos de secagem, devem ser controlados para selecionar condições apropriadas de desidratação para cada alimento em particular, tendo como objetivo a minimização dessas alterações que podem ocorrer nos alimentos.

O mesmo autor relata diversos alimentos desidratados que tem importância comercial, como café, passas de uva e outras frutas, leite, massas, farinhas, feijão, leguminosas, nozes, cereais matinais, chás e temperos. Ressalta também muitos ingredientes desidratados os quais são utilizados pelas indústrias, como ovo em pó, aromatizantes e corantes, lactose, sacarose e frutose em pó, assim como enzimas e leveduras.

No processo de desidratação existe um grande número de fatores que controlam a taxa de secagem, os quais podem ser agrupados entre: (FELLOWS, 2006).

- aos relacionados às condições de processamento;
- aos relacionados à natureza do alimento;
- relacionado ao desenho do secador.

De acordo com Fellows (2006), outro fator que também influencia na taxa de secagem dos produtos, é a quantidade de alimento colocada dentro do secador em relação a sua capacidade; sendo que para um dado secador, é necessário colocar pequenas quantidades de alimento para que se obtenha uma secagem mais rápida.

4.2.1 Processo

O processo de secagem realizado por qualquer sistema, baseia-se no seguinte: com o aumento da temperatura do ar, a sua umidade diminui e o torna capaz de absorver a umidade disponível em outros corpos, sendo assim, o teor de umidade do material (produto) irá acompanhar a diminuição de umidade do ar quando for submetido a uma corrente de ar quente, tendendo ao equilíbrio higroscópico. (CASEMG, 2009).

4.2.2 Regime de operação

A secagem pode ser executada em baixa e/ou altas temperaturas, e o processo pode trabalhar em regime de operação contínuo ou intermitente, dependendo do teor de umidade inicial do produto a ser secado, além do custo e tamanho do equipamento. (CASEMG, 2009).

A mesma explica que nos processos contínuos, o produto entra úmido no secador e depois de processado sai seco e relativamente frio, passando pelo secador apenas uma vez. Estes secadores conseguem operar apenas continuamente, quando a umidade de entrada do produto não ultrapassar 18%.

Já os processos intermitentes ou descontínuos são utilizados para produtos com teores de umidade de entrada excedentes a 18%, conseguindo dessa maneira a secagem do produto por regime intermitente, para o qual é necessário que o produto passe várias vezes pelo secador até que se complete a secagem. (CASEMG, 2009).

4.2.3 Equipamentos

Dentre os diversos métodos e equipamentos de secagem, pode-se citar: secagem com ar quente (calor por convecção) e secagem por contato direto com uma superfície quente (calor por condução). (EVANGELISTA, 1987).

4.2.3.1 Secagem utilizando ar quente

Essa secagem é realizada através de secadores que utilizam do ar para fazer a transferência de calor necessária, pois o ar entra em contato com o alimento e, ao mesmo tempo remove para fora da câmara, o vapor de água formado. (SILVA, 2000).

De acordo com Fellows (2006), os secadores de bandeja são considerados os mais simples, utilizados para operações descontínuas em pequena escala de produção sendo indicado para pequenas indústrias na secagem de substâncias granulares ou para peças separadas. A Figura 10 mostra um tipo de secador de bandeja utilizado pelas indústrias.



Figura 10 – Secador de bandejas.

Fonte: <http://www.quebarato.com.br/classificados/secador-de-tomates__4449824.html>. Acesso em: 14 out. 2009.

O equipamento é formado por uma câmara com isolamento externo, provida de telas ou bandejas perfuradas, nas quais o material (alimento) a ser seco é colocado em uma fina camada que vai de 2 a 6 cm de profundidade. O ar quente é soprado através de dutos e chicanas para promover uma distribuição uniforme através de cada bandeja, ou seja, o ar quente circula entre o topo de uma bandeja e o fundo da que fica em cima. (FELLOWS, 2006).

De acordo com o mesmo autor, os secadores de bandeja possuem um custo inicial e de manutenção baixos e podem operar com diferentes alimentos, como frutas e hortaliças, no entanto apresentam um controle relativamente ruim, produzindo alimentos com qualidades variáveis. Isso ocorre devido as localizações das bandejas, sendo que aquelas mais próximas da fonte de calor secam mais rapidamente do que a média e, as bandejas que se encontram no final da trajetória da corrente de ar, secam mais devagar comparado com a média.

Segundo Evangelista (1987), para evitar que o produto seja desidratado de maneira desigual, se recorre a prática de mudar constantemente as bandejas de lugar, trocando-as de posição. Após o tempo necessário para a desidratação, o produto é retirado.

O meio secante utilizado nos secadores de bandeja pode ser o vapor de água, gás ou ar aquecido eletricamente. Nessa operação a entrada de ar seco e a

quantidade de recirculação, são controlados por um sistema de moderadores que o secador dispõe. (EVANGELISTA, 1987).

Os secadores tipo túnel são uma variação dos secadores de bandeja, com a diferença de que estes carregam os sólidos úmidos através de um túnel, pelo qual faz passar calor e se retira o vapor. Esses secadores são utilizados de forma subcontínua para desidratar produtos como frutas e hortaliças, tendo grande capacidade de produção. (EVANGELISTA, 1987).

De acordo com Silva (2000), os secadores são construídos em forma de túnel de vários comprimentos (na faixa de 10 a 15 metros), sendo que no seu interior trafegam vagonetes com bandejas contendo o material a ser desidratado, ou também podem ser equipados com correias transportadoras. As velocidades do ar e dos vagonetes (ou esteira transportadora), assim como a temperatura do ar, são calculados perfeitamente de modo a permitir que no final do trajeto o alimento esteja desidratado.

Evangelista (1987) relata que a operação é bem organizada, pois o vagonete com o produto já desidratado, ao sair do túnel por um lado, é rapidamente substituído por outro vagonete que transporta alimento fresco, que entra no túnel do lado oposto.

Segundo o mesmo autor, o ar quente é que constitui o agente de secagem dos secadores de túnel; que de acordo com a movimentação do material dentro do secador, ele pode ser de fluxo ou corrente paralela (quando ocorre na direção de transporte do produto), de corrente contrária (oposta) ou cruzada (combinada). A corrente de ar utilizada nesse processo pode ser natural ou forçada.

A movimentação do ar em fluxo paralelo apresenta a vantagem de que o ar mais quente entra em contato com o produto mais úmido, podendo-se utilizar ar bastante aquecido. Por outro lado, na saída do túnel, o ar é mais frio e mais carregado de umidade, podendo o produto final não estar suficientemente seco. Na movimentação em corrente oposta, o ar mais quente entra em contato primeiro com o produto seco. O produto não pode permanecer muito tempo no túnel, isto porque, ao entrar em contato com o ar mais quente, poderá receber um sobreaquecimento. De maneira geral o túnel em contracorrente utiliza menos calor, resultando em produtos mais secos do que o fluxo paralelo. Entretanto possui a desvantagem de ser mais demorado por não receber um calor necessário no período de secagem com velocidade constante. (SILVA, 2000, p. 167).

A outra forma de fluxo de ar é quando se combinam os dois tipos de fluxo em uma só unidade, ou seja, o produto é colocado primeiro em contato com o fluxo em

corrente paralela para aproveitar dessa forma a alta velocidade inicial de desidratação e, em seguida o produto é colocado em contracorrente, para se obter um produto mais seco. Essa condição de processo o torna muito eficiente. (SILVA, 2000).

Esse mesmo autor afirma que a velocidade de secagem depende das propriedades do ar e da matéria-prima, sendo que as do ar são a temperatura, umidade e velocidade; enquanto aquelas da matéria-prima dizem respeito ao tipo e a variedade do material, teor de água livre, tratamentos recebidos antes da desidratação, tamanho e porosidade. A Figura 11 mostra um secador tipo túnel.

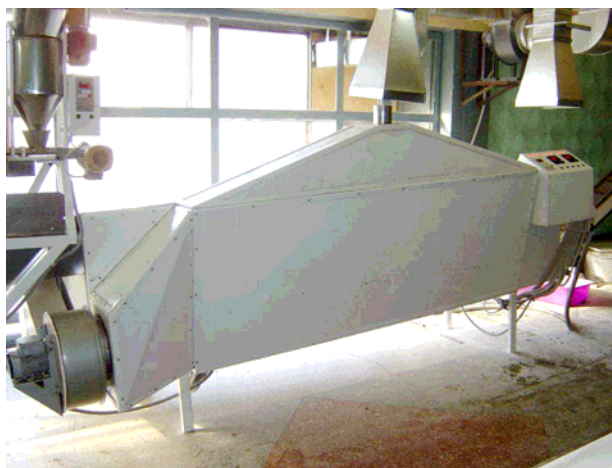


Figura 11 – Secador tipo túnel.

Fonte: <<http://www.prodmarsh.donetsk.ua>>. Acesso em: 14 ago. 2007.

Os secadores atomizadores ou *spray-dryer*, são utilizados na desidratação rápida de soluções, suspensões e alimentos pastosos; elaborando produtos como leite em pó, café solúvel, entre outros. (EVANGELISTA, 1987).

Os secadores consistem em uma câmara geralmente cônica (Figura 12), na qual o fluido a ser desidratado é introduzido por aspensão sob pressão, na forma de microgotículas (resultado do processo de atomização) que entram em contato com uma corrente de ar quente. Essa corrente de ar aquecido pode estar na mesma direção das pequenas gotículas aspergidas ou pode estar em direção contrária, fazendo a secagem quase que instantânea do alimento, afirma Silva (2000).

Segundo o mesmo autor, a desidratação por atomização é um processo contínuo em que um líquido ou pasta é transformado em um produto seco, durante um tempo de secagem relativamente curto.

De acordo com Evangelista (1987), o ar aquecido com temperaturas relativamente altas (em torno de 180 a 230°C) penetra pela parte superior do secador e sai pela parte inferior a uma temperatura por volta de 50 a 80°C, lembrando que a corrente de ar quente pode estar na mesma direção ou em direção contrária à introdução do líquido pulverizado.

No caso de produtos muito sensíveis a altas temperaturas, é necessário fazer uso dos processos que utilizam o fluxo de ar em contracorrente, pois o líquido sendo pulverizado numa direção oposta à entrada de ar quente, faz com que a partícula seca entre em contato com o ar mais frio. (SILVA, 2000).

No processo de *spray-dryer* ou atomização, o fluxo de ar quente utilizado na desidratação é introduzido por dispersores de ar que são localizados na parte superior da câmara de secagem; e a pulverização do líquido na câmara pode ser feita por discos ou bicos atomizadores, declara Silva (2000).

De maneira geral, esses tipos de secadores incorporam calor às partículas pulverizadas por meio de ar quente, ocorrendo dessa forma a evaporação de água imediata (a saída de água é instantânea, porque como o produto fica reduzido a pequenas gotículas, isso aumenta a superfície de contato, facilitando a evaporação ao máximo), ocorrendo a queda do pó formado na parte inferior do equipamento. (EVANGELISTA, 1987).

As principais vantagens desses secadores são a rápida secagem, produção contínua em grande quantidade, mão-de-obra de custo baixo e operação e manutenção relativamente simples. Porém existem algumas limitações, como o alto custo inicial e a necessidade de alimentos com um teor de umidade relativamente alto, para garantir que o alimento possa ser bombeado até o atomizador. Esse tipo de secador também apresenta altos custos de energia para remover a umidade e maiores perdas de voláteis. (FELLOWS, 2006).



Figura 12 – Secador atomizador.

Fonte: <<http://www.directindustry.es/prod/icf-welko/secador-atomizador-53030-355681.html>>. Acesso em: 15 out. 2009.

4.2.3.2 Secagem utilizando superfícies aquecidas

Nesse tipo de secagem, o calor é transportado até o alimento por condução através de uma superfície metálica, estática ou em movimento. (SILVA, 2000).

Os mais conhecidos e utilizados são os secadores de tambor rotativo, também conhecidos como rolo secador; os quais são formados por tambores de aço ocos que giram lentamente (baixa rotação). O aquecimento é feito no interior desses tambores pela utilização de vapor a alta pressão com temperaturas entre 120 e 170°C. O produto a ser desidratado é espalhado uniformemente na superfície externa do tambor formando uma fina camada de alimento e o calor é transferido através dessa superfície do secador. Antes do tambor completar uma volta (entre 20s e 3min), o alimento já desidratado é raspado por uma espátula que percorre de maneira uniforme toda a largura do tambor. (FELLOWS, 2006).

Segundo Silva (2000), depois que o produto seco for raspado, ele é moído, resultando em um produto na forma de um pó fino, podendo também estar na forma de flocos.

Fellows (2006) relata que os secadores podem ter um tambor único (Figura 13) ou tambores duplos (Figura 14). O tambor único é bastante utilizado por ter uma

maior proporção da área de tambor disponível, acesso mais fácil para a manutenção e pelo fato de não apresentar risco de danos causados por objetos de metal que porventura possam cair entre os rolos.

Segundo ele, os secadores de tambor apresentam altas taxas de secagem e alta eficiência energética, sendo bons para alimentos pastosos cujas partículas sejam muito grandes para a secagem em spray; a secagem em tambor é utilizada para produzir flocos de batata, cereais pré-cozidos, melados, algumas sopas, purês, etc.

Esse tipo de secador, no entanto, apresenta como desvantagem o alto custo inicial de equipamentos e o dano causado pelo calor em alimentos termossensíveis. Diante disso, desenvolveram-se projetos e tambores que visam aumentar a qualidade sensorial e nutricional dos alimentos desidratados, fazendo-se uso de rolos auxiliares para remover e recolocar o alimento durante a secagem, usar o ar a uma alta velocidade para aumentar assim a taxa de secagem ou utilizar ar frio para resfriar o produto. Outra forma é colocar os tambores em uma câmara de vácuo para desidratar os alimentos a uma temperatura mais baixa, mas o alto custo inicial desse sistema restringe o seu uso em alimentos termossensíveis que tenham um alto valor agregado. (FELLOWS, 2006).

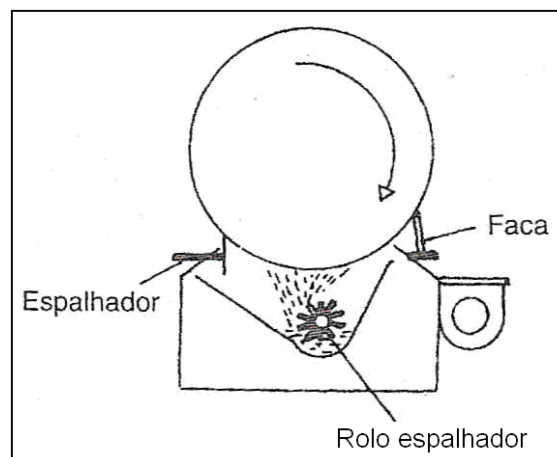


Figura 13 – Secador de tambor único.
Fonte: Fellows, 2006, p. 344.

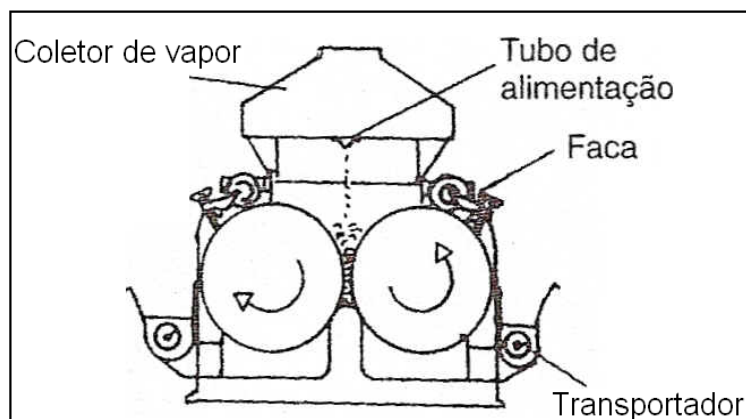


Figura 14 – Secador de tambor duplo.
Fonte: Fellows, 2006, p. 344.

4.2.4 Efeitos gerais dos tipos de secagem nos alimentos

De acordo com Fellows (2006), os produtos sofrem mudanças durante a secagem e estocagem, mudanças estas que reduzem a sua qualidade quando comparadas ao produto fresco. As alterações que ocorrem nos alimentos desidratados são na textura, no sabor ou aroma, na cor e no valor nutricional, sendo que o objetivo das técnicas de secagem é minimizar essas mudanças.

Existem várias causas de perda ou mudança de cor em alimentos desidratados. O processo de desidratação ou secagem, modifica as características da superfície de um alimento e com isso altera sua refletividade e cor. Durante o processo de secagem das frutas e hortaliças, ocorre alterações químicas dos pigmentos carotenóides e da clorofila, que são causadas pelo calor e pela oxidação. Ocorre também o escurecimento de alimentos desidratados durante a estocagem, o que é causado pela atividade residual da enzima polifenoloxidase. Esse escurecimento pode ser evitado pelo branqueamento ou tratamento das frutas com ácido ascórbico ou dióxido de enxofre. Sendo que, resíduos de dióxido de enxofre estão relacionados com problemas de saúde e a sua utilização é controlada em muitos países. (FELLOWS, 2006).

No leite e em produtos de frutas armazenados, a taxa de escurecimento que ocorre devido à reação de Maillard, depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem. Essa taxa de escurecimento aumenta consideravelmente em altas temperaturas de secagem quando o teor de umidade do produto é maior que 4 a 5% e sob temperaturas de armazenamento acima de 38°C. (FELLOWS, 2006).

O calor além de vaporizar a água, também provoca a perda de componentes voláteis do alimento, e isso resulta em alimentos desidratados com menos aroma do que os originais. O grau de perda de voláteis depende principalmente da temperatura e do teor de umidade do alimento. Alimentos como ervas e temperos que possuem alto valor econômico, são secos em baixas temperaturas. (FELLOWS, 2006).

Devido a estrutura porosa aberta dos alimentos desidratados, é possível o acesso de oxigênio, que é uma causa importante de perda de aromas devido à oxidação de voláteis e lipídios durante a estocagem. Tanto no leite desidratado, como na maioria das frutas e hortaliças, pode ocorrer a oxidação de lipídios, o que produz um sabor de ranço e também pode ocorrer a liberação de odores desagradáveis. (FELLOWS, 2006).

As alterações no sabor causadas por enzimas hidrolíticas ou oxidativas podem ser evitadas ao se utilizar dióxido de enxofre, ácido ascórbico ou ácido cítrico em frutas e também pelo branqueamento de hortaliças. Outros métodos utilizados para a retenção do sabor em alimentos desidratados são: recuperação dos compostos voláteis e sua readição no produto durante o processo da secagem; misturas de compostos voláteis recuperados com outros compostos que fixam o sabor e adição ou ativação de enzimas que ocorrem naturalmente no alimento. (FELLOWS, 2006).

As mudanças que ocorrem na textura são uma importante causa de perda de qualidade. A natureza e o nível dos pré-tratamentos, o tipo e grau da redução de tamanho e o descascamento afetam a textura de frutas e hortaliças reidratadas. A perda da textura ocorre por causa da gelatinização do amido, pela cristalização da celulose e por variações localizadas no teor de umidade durante a secagem, que causam estresses no interior dos produtos. Ocorre o rompimento, compressão e distorção das células relativamente rígidas, dando uma aparência enrugada e encolhida nos alimentos. Durante a reidratação, o produto absorve água lentamente e não recupera a textura firme do produto fresco. (FELLOWS, 2006).

A secagem de carne não é comum em alguns países por causa das mudanças severas que ocorrem em sua textura, quando comparadas com outros métodos de conservação, sendo essas mudanças relacionadas ao endurecimento dos tecidos musculares. (FELLOWS, 2006).

O ar em altas temperaturas causa mudanças químicas e físicas complexas nos alimentos, sendo a formação de uma casca dura impermeável a principal alteração; isso é conhecido como endurecimento superficial, o qual reduz a taxa de secagem produzindo um alimento com uma superfície seca e interior úmido, problema este que deve ser controlado. (FELLOWS, 2006).

Os alimentos em pó produzidos instantaneamente, são muito utilizados como ingredientes em vários processos, sendo que estes devem possuir alta densidade volumétrica e tamanhos variados de partículas, pois as partículas pequenas encherão os espaços entre as partículas maiores, excluindo o ar e promovendo uma vida de prateleira maior. (FELLOWS, 2006).

As grandes diferenças em relação ao valor nutricional de alimentos desidratados, são devidas às variações nos procedimentos de preparo, da temperatura, do tempo de secagem e das condições de estocagem. Em frutas e hortaliças, as perdas de nutrientes são maiores durante o preparo do que aquelas provocadas pelas operações de secagem. (FELLOWS, 2006).

Como a vitamina C é bastante sensível ao calor e à oxidação, são necessários curtos tempos de secagem, baixas temperaturas, baixa umidade e baixos níveis de oxigênio durante o armazenamento, evitando dessa maneira grandes perdas de nutrientes. A tiamina também é sensível ao calor, mas uma grande quantidade de vitaminas hidrossolúveis tem maior estabilidade ao calor e à oxidação, sendo assim, as perdas durante a secagem dificilmente ultrapassam 10%, excluindo as perdas no branqueamento. (FELLOWS, 2006).

O mesmo declara que o valor biológico e a digestibilidade das proteínas na maioria dos alimentos não apresenta grandes mudanças com a secagem.

4.3 EVAPORAÇÃO OU CONCENTRAÇÃO

A evaporação é um processo que remove somente parte da água contida nos alimentos (um terço a dois terços de água), por meio da fervura (ebulição) e liberação de vapor d' água. Esse método é aplicado em vários produtos como leite condensado, massa de tomate, sucos concentrados, geléias, doces em massa, etc. (GAVA, 1983).

Segundo Evangelista (1987), a retirada de parte de água dos produtos é realizada através de evaporadores cujo processo de operação apresenta menor

custo em comparação aos desidratadores. O emprego da evaporação nos alimentos apresenta outras vantagens, como: obtenção de produtos com características organolépticas agradáveis; qualidade nutricional ao proporcionar maior ingestão de nutrientes; é uma forma de conservação de alimentos, garantindo menor presença microbiana no produto, e dessa maneira aumenta o período de vida útil do mesmo; redução de gastos com a embalagem, transporte e armazenamento do alimento e preferência das pessoas em consumir certos alimentos na forma concentrada.

Como acontece com vários produtos em que, além do processo de conservação principal, é necessário que se faça outros processos complementares (branqueamento e refrigeração), o processo de conservação por evaporação (concentração) também precisa de um complemento a mais como, tratamentos adicionais e embalagens específicas, pois o alimento concentrado contém um teor de umidade considerável para a ação dos microrganismos. (EVANGELISTA, 1987).

Dessa forma, doces em massa (67,5% de sólidos) podem ter uma vida útil de 60 a 90 dias quando forem embalados em celofane, ou podem durar anos quando acondicionados em latas, que recebem um tratamento térmico adicional. O suco de laranja concentrado (65% de sólidos) poderá ser congelado, preservado quimicamente ou receber um tratamento térmico, para que possa alcançar um tempo de vida útil maior. (GAVA, 1983).

Os evaporadores utilizados nas indústrias consistem em três componentes: (ORDÓÑEZ, 2005).

- Trocador de calor: através de aquecimento indireto, ele permite a transmissão de calor entre o fluido calefator (vapor d' água saturado por exemplo) e o alimento, fazendo com que atinja o ponto de ebulição e conseqüentemente, a evaporação.

- Separador: neste local, o vapor formado se separa da fase líquida concentrada, dirigindo-se em seguida até o condensador.

- Condensador: neste segmento ocorre a condensação do vapor d' água e em seguida ele é eliminado. Nos sistemas que operam com pressão atmosférica e não com pressão reduzida (à vácuo), o condensador pode ser omitido.

De acordo com Evangelista (1987), nos evaporadores que operam com pressão reduzida, além da presença dos condensadores, existem também as bombas de vácuo.

4.3.1 Evaporação à vácuo

Para ocorrer a evaporação quando o líquido entra em ebulição, é necessário que a pressão de vapor do líquido seja igual a pressão do ambiente. A velocidade de evaporação está relacionada diretamente com a transmissão de calor no meio de aquecimento (vapor d' água, água quente, etc.) ao líquido que vai ser evaporado. (GAVA, 1983).

Segundo ele, a taxa de transmissão de calor depende da diferença de temperatura entre o meio de aquecimento e o líquido em ebulição e, não somente da temperatura do meio de aquecimento, pois se a água com ponto de ebulição de 100°C à pressão atmosférica, é aquecida em tacho aberto encamisado com vapor (meio de aquecimento) a 100°C, não está ocorrendo nenhuma diferença de temperatura e, portanto nenhuma transferência de calor e nenhuma evaporação. Mas se ocorrer uma diferença de temperatura, o objetivo de evaporação será alcançado e, quanto maior for essa diferença, a velocidade de evaporação será aumentada. A diferença de temperatura pode ser realizada aumentando a temperatura do vapor de aquecimento ou baixando a temperatura do líquido a ser evaporado, sendo este último o mais vantajoso. Para isso, basta realizar o processo de evaporação num tacho à vácuo, pois a pressão sendo reduzida, fará com que o ponto de ebulição do líquido seja mais baixo, sendo vantajoso em alimentos sensíveis ao calor, como sucos de laranja por exemplo.

Para que o vácuo seja mantido é preciso a remoção contínua e rápida dos vapores condensáveis produzidos, assim como o ar e outros gases chamados incondensáveis, declara Gava (1983).

4.3.2 Evaporação simples e de múltiplo efeito

De acordo com Gava (1983), quando um evaporador simples é usado, o vapor que é liberado do líquido em ebulição é em seguida condensado e eliminado, esse método é chamado de único-efeito. Outro método de evaporação é o chamado múltiplo-efeito, o qual visa a conservação de energia por meio do aproveitamento de vapor utilizado.

Segundo Ordóñez (2005) esse método de múltiplo-efeito consiste em conectar vários evaporadores (efeitos) entre si, de forma que o vapor que é

produzido em um deles (vapor secundário) seja utilizado em outro evaporador como vapor primário (ou fluido calefator), e assim sucessivamente.

Um evaporador de duplo-efeito opera da seguinte maneira: o vapor que é produzido no primeiro evaporador é conduzido à uma câmara de vapor de aquecimento de um segundo evaporador, ou seja, o vapor produzido no primeiro aquecerá o líquido de um segundo evaporador, e depois este vapor é enviado para um condensador, declara Gava (1983).

De acordo com o mesmo autor, quando o método for de triplo-efeito o alimento líquido é parcialmente concentrado no primeiro efeito, em seguida sofre adicional concentração no segundo efeito e finalmente no terceiro efeito ocorre uma concentração final. Em seguida, o concentrado é bombeado para fora do terceiro efeito.

4.3.3 Tipos de Evaporadores

Serão abordados alguns tipos de evaporadores mais utilizados.

4.3.3.1 Evaporadores de Circulação Natural

Nesses evaporadores, o movimento do líquido tratado se deve as correntes naturais de convecção e à força de ascensão das borbulhas de vapor, que o arrastam ao longo do trocador de calor. (ORDÓÑEZ, 2005).

Os evaporadores de tubos curtos, são exemplos de trocadores de calor tubo-casco, também utilizados nos processos de pasteurização e esterilização. Consistem em uma carcaça (ou casco) que contém um conjunto de tubos verticais, ou com menos frequência, tubos horizontais. (FELLOWS, 2006).

O arranjo vertical (Figura 15) é mais utilizado porque promove correntes de convecção naturais e, por isso maiores taxas de transferência de calor; ao contrário do arranjo horizontal que dificulta a circulação do líquido a ser processado e apresenta baixas taxas de transferência de calor. (ORDÓÑEZ, 2005).

O alimento a ser evaporado é aquecido pela condensação do vapor d'água na parte de fora dos tubos e sobe pelos tubos, ferve e recircula por um tubo central de fluxo descendente. Esse líquido no tubo de retorno está mais frio do que o líquido

que circula pelos tubos de ascensão, criando correntes de convecção naturais, declara Ordóñez (2005).

De acordo com Fellows (2006), os evaporadores de tubos curtos têm baixo custo de construção e de manutenção, são mais adequados para o tratamento de líquidos pouco viscosos, nos quais a transferência de calor é maior; já para o tratamento de líquidos muito viscosos eles são pouco adequados, pois há circulação deficiente e alto risco de queima do produto nas paredes dos tubos. Esses evaporadores são utilizados para concentrar xaropes, sais e sucos de frutas.

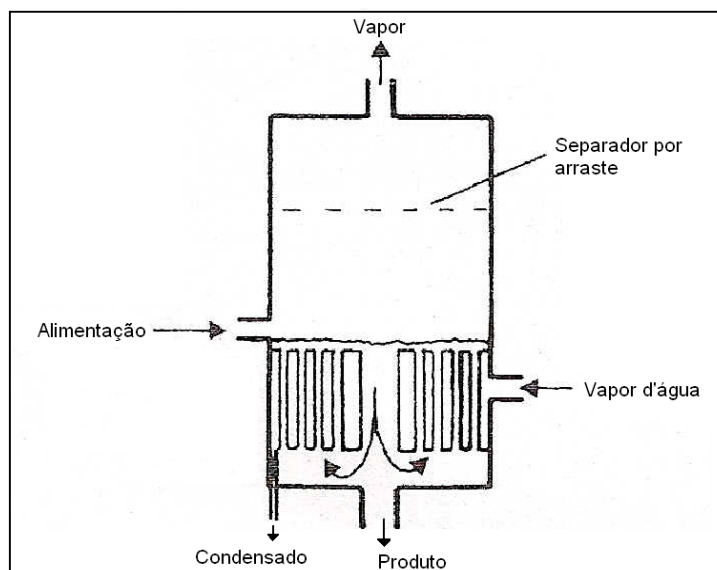


Figura 15 – Evaporador de tubo curto vertical.
Fonte: Fellows, 2006, p. 298.

Outro tipo de evaporador de circulação natural, são os evaporadores de tubos longos, os quais consistem de um conjunto vertical de tubos (trocadores de calor), todos com até 5 cm de diâmetro, contidos em uma câmara de vapor de 3 a 15m de altura. (FELLOWS, 2006).

Segundo Ordóñez (2005), esses tipos de evaporadores podem ser de película ascendente ou descendente, dependendo do modo de entrada do líquido no trocador de calor. Nos evaporadores de tubos longos de película ascendente (Figura 16), o líquido entra pela parte inferior dos tubos, geralmente pré-aquecido até quase ao ponto de fervura; em seguida o líquido começa a ferver no interior dos tubos e a expansão de vapor força a subida de uma fina película nas paredes dos tubos, sendo que à medida que o líquido avança, ele vai se concentrando rapidamente. O

concentrado é separado do vapor através de um separador localizado na parte superior dos tubos, sendo o vapor liberado.

Já nos evaporadores de tubos longos de película descendente, o líquido normalmente pré-aquecido entra pela parte superior dos tubos, ele desce a uma grande velocidade por gravidade e é arrastado pelo jato de vapor formado. (ORDÓÑEZ, 2005).

Os evaporadores de película ascendente são utilizados para operar alimentos de baixa viscosidade (leite) e os evaporadores de película descendente são utilizados para operar alimentos mais viscosos ou aqueles muito sensíveis ao calor (extratos de leveduras, sucos de frutas e na fabricação do amido). Esses evaporadores de tubos longos se caracterizam geralmente pelo curto tempo de permanência do alimento na zona de aquecimento, pela altas taxas de transferência de calor e uso eficiente de energia. (FELLOWS, 2006).

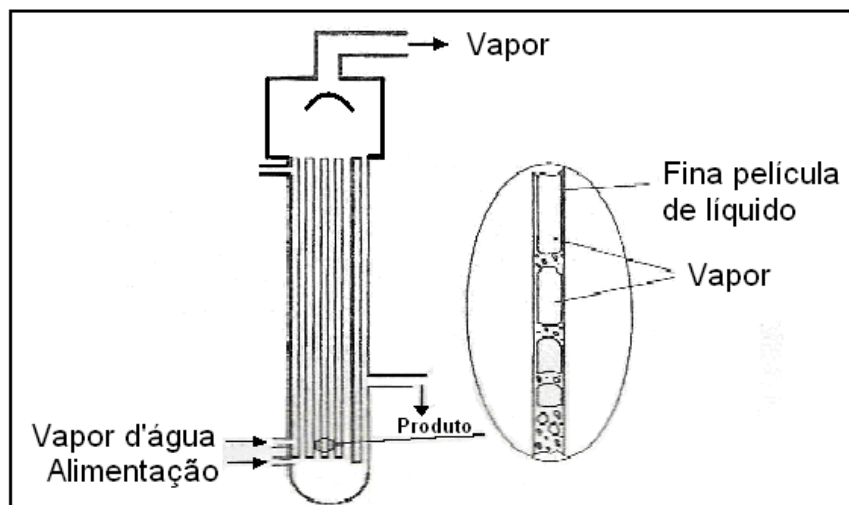


Figura 16 – Evaporador de película ascendente.
Fonte: Fellows, 2006, p. 299.

4.3.3.2 Evaporadores de Circulação Forçada

Esses evaporadores possuem bombas ou diversos dispositivos (hélice) que realizam a movimentação do líquido no interior do trocador de calor e aumentam a velocidade de fluxo ao longo das superfícies de aquecimento. (ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo Ordóñez (2005), os mais conhecidos são os evaporadores de placas (Figura 17), que recebem essa denominação pelo fato de possuírem trocador de calor de placas, que normalmente é utilizado em regime de película ascendente e

descendente. O líquido a ser tratado é impulsionado por uma bomba e entra pela parte inferior da seção ascendente do trocador de calor, ferve e assim alcança a parte superior dessas placas, em seguida o líquido entra na seção descendente, onde prossegue a ebulição. Os equipamentos podem ter várias seções, incluindo aquela de pré-aquecimento. Ao final do processo a mistura contendo concentrado e vapor é separada por um equipamento adicional (separador de ciclone ou centrífuga), e em seguida, esse vapor recuperado pode ser aproveitado em outros efeitos.

De acordo com Fellows (2006), o número de seções ascendentes ou descendentes em cada equipamento de evaporação, depende da taxa de produção desejada e do grau de concentração requerido.

O capital de investimento inicial nesses evaporadores é alto, no entanto eles apresentam altas taxas de transferência de calor, curto tempo de permanência no processo e alta eficiência energética. São capazes de produzir grandes quantidades de concentrados, ocupam pouco espaço e são facilmente desmontáveis para a realização de inspeção e limpeza. (FELLOWS, 2006).

São mais adequados que os evaporadores de tubos longos para a concentração de líquidos muito viscosos e também costuma-se utilizar em alimentos termossensíveis, como extratos de levedura, produtos lácteos e extratos de carne. (ORDÓÑEZ, 2005).

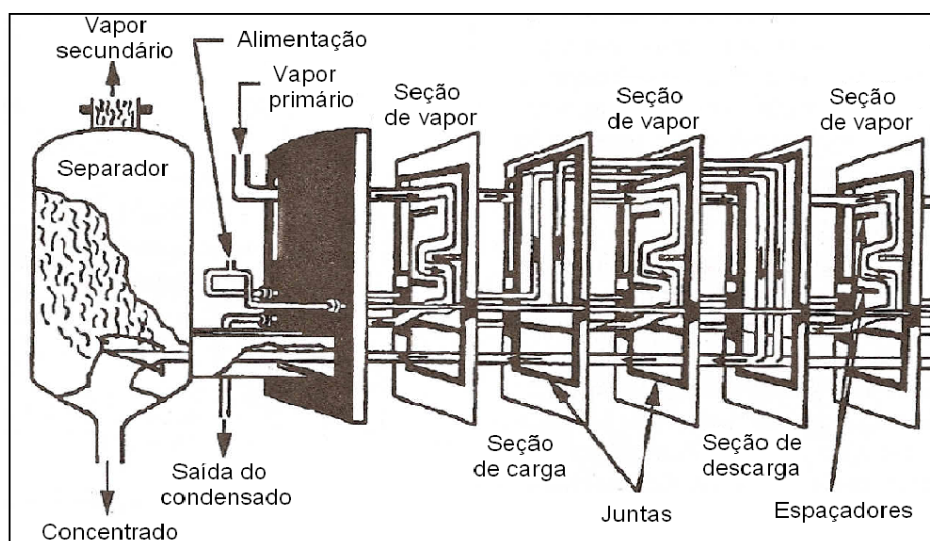


Figura 17 – Evaporador de placas.
Fonte: Ordóñez, 2005, p. 217.

4.3.4 Efeitos gerais nos alimentos

De acordo com Fellows (2006), durante a evaporação ocorre o escurecimento dos alimentos, em parte devido ao aumento da concentração de sólidos, mas também devido a redução da atividade de água que promove mudanças químicas como a reação de Maillard.

Estas mudanças dependem da relação tempo e temperatura, portanto quando se trabalha com tempos de residência curtos e temperaturas de ebulição mais baixas, é produzido concentrados com boa retenção das qualidades nutricionais e sensoriais. (FELLOWS, 2006).

Durante a evaporação, os componentes do aroma que são mais voláteis que a água, são perdidos. Com isso ocorre a redução da característica sensorial de grande parte dos concentrados; em sucos de frutas por exemplo, isso resulta na perda do sabor, mas em outros alimentos como o cacau e o leite, a perda de voláteis desagradáveis melhora a qualidade do produto. (FELLOWS, 2006).

O mesmo autor relata que alguns voláteis podem ser recuperados e retidos no produto através da recuperação destes por condensação de vapor e em seguida por destilação fracionada; como também pela retirada dos voláteis do material de alimentação com gás inerte e readição depois da evaporação.

Com relação aos nutrientes, as vitaminas A, D e a nicina não são afetadas. Ocorrem perdas de vitaminas durante o armazenamento, como por exemplo 50% da vitamina C de geléias armazenadas por mais de 12 meses e, perda de 10% de tiamina após 24 meses em pasta de amendoim a uma temperatura de 18°C. (FELLOWS, 2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se deste trabalho que os dois métodos de conservação enfatizados, pelo calor e pelo controle de umidade, são aplicados a uma grande quantidade de alimentos com o intuito de prevenir ou retardar os vários tipos de alterações alimentares, e dessa forma agir no prolongamento do tempo de vida útil dos produtos.

Foi observado que a conservação de alimentos pelo calor e pelo controle de umidade age de forma direta e indireta, respectivamente, na morte de microrganismos, os quais representam uma importante ameaça a ser combatida. Na conservação pelo calor, a temperatura e tempo utilizados provocam a morte de microrganismos, já a conservação pelo controle de umidade, afeta o meio de sobrevivência e desenvolvimento destes.

A conservação pelo calor é apresentada pelo branqueamento, pasteurização e esterilização, enquanto a conservação pelo controle de umidade é composta pela secagem natural, secagem artificial e evaporação; sendo que todas essas práticas de conservação mesmo objetivando um alimento de alta qualidade, causam vários efeitos nos alimentos, decorrentes de cada processo, podendo afetar tanto a cor, aroma e sabor, como seus nutrientes e sua textura. No caso da textura, ela é mais afetada nos processos de desidratação do que naqueles pelo calor, devido à retirada de água do meio, o que causa perdas de características essenciais do produto, que mesmo sendo reidratado, não é capaz de adquirir a mesma textura original, tornando-se esse processo irreversível.

A escolha de determinada técnica e método de conservação depende das características do alimento a ser processado e de outras variáveis relacionadas ao custo, tempo de vida útil e ao produto desejado.

REFERÊNCIAS

AMATO, A. **Conservação de alimentos**. [S.l. : s.n.], [200-]. Disponível em: <<http://www.coladaweb.com/biologia/alimentos/conservacao-de-alimentos/>>. Acesso em: 23 jun. 2009.

APRENDENDO a exportar. [S.l.], [200-]. O setor de alimentos – histórico. Disponível em: <<http://www.aprendendoaexportar.gov.br/alimentos/>>. Acesso em: 23 jun. 2009.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001.

CAMARGO, A. C. de. **Conservação de alimentos**. [São Paulo]: [s.n.], 2006a. Disponível em: <http://www.cena.usp.br/irradiacao/cons_alim.html>. Acesso em: 23 jun. 2009.

CAMARGO, A. C. de. **Conservação pelo calor**. [São Paulo]: [s.n.], 2006b. Disponível em: <http://www.cena.usp.br/irradiacao/CONSERVACAO_PELo_CALOR.HTM>. Acesso em: 4 set. 2009.

CAMARGO, A. C. de. **Conservação pelo controle de umidade**. [São Paulo]: [s.n.], 2006c. Disponível em: <http://www.cena.usp.br/irradiacao/cons_umid.html>. Acesso em: 8 out. 2009.

CAMARGO, R. **Tecnologia dos produtos agropecuários – alimentos**. São Paulo: Nobel, 1989.

CASEMG. Minas Gerais. [200-]. Processo de secagem. Disponível em: <http://www.casemg.com.br/servicos/secag_processo.htm>. Acesso em: 9 out. 2009.

CUNHA, M. F. **Revisão: Leite UHT e o fenômeno de gelatinização**. Curitiba: [s.n.], 2001. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/viewFile/1242/1042>>. Acesso em: 28 set. 2009.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro. São Paulo: Atheneu, 1987.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GASTRONOMY Lab. [S.l.], 2009. Reação de Maillard. Disponível em: <<http://www.gastronomylab.com/?p=459>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1983.

MARTINS, A. H. **Frutas industrializadas**. [S.l. : s.n.], [200-]. Disponível em: <<http://www.fag.edu.br/professores/amartins/Tecnologia%20de%20Alimentos/frutas%20industrializadas.doc>>. Acesso em: 4 set. 2009.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1.

PORTAL São Francisco. [S.l.], [200-]. Conservação dos alimentos. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/conservacao-dos-alimentos/conservacao-dos-alimentos.php>>. Acesso em: 23 jun. 2009.

SILVA, A. P. da.; BUSNARDO, R. G. **Alterações dos alimentos**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://acd.ufrj.br/consumo/disciplinas/t_qb_kit_alteracao_de_alimentos.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2009.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000.

SILVA, L. C. da. **Processamento de alimentos**. Espírito Santo: [s.n.], 2006. Disponível em: <http://www.agais.com/sa0106_processamento_de_alimentos.pdf>. Acesso em: 4 set. 2009.