

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

Ivo Rodrigues
2007/2008

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

1. Introdução

- Método mais antigo de conservação de produtos perecíveis
- Utilização do sol – procedimento ancestral e mais barato
 - Outrora, carnes e pescado
 - Hoje em dia, figos, alperce, uva, etc
- Fumo da combustão do carvão (Sec. XVIII)
 - Implicava alteração do sabor

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

1. Introdução

- Desenvolvimento de novas técnicas de secagem (Séc. XX)
 - novos produtos (em pó, de utilização instantânea...)
- Produtos lácteos e derivados
- Derivados dos cereais,
- Produtos do café, chá e cacau

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

1. Introdução

- Produtos vegetais
 - puré de batata, frutas secas...
- Produtos animais
 - ovos, sopas...
- Frutas e grãos
 - para cereais de pequeno almoço e snacks

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

1. Introdução

- Aumento da possibilidade de conservação
- Grande redução de peso
 - 5 a 15 vezes menor
- Redução dos custos de armazenagem e transporte
- Mas... afecta as características do alimento
 - Não há perda significativa de nutrientes mas o sabor e textura é distinta no produto rehidratado

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Presença de água $\Rightarrow$ deterioração do alimento
- A eliminação da água implica,
 - Alteração da qualidade nutricional e organoléptica
 - Perda de aromas
 - Consumo substancial de energia
 - Técnicas com menor consumo de energia $\Rightarrow$ maior alteração da qualidade dos alimentos

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água

- Água disponível para as reacções físicas, químicas e microbiológicas

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\%HRE}{100}$$

- Relação entre a pressão parcial de vapor de água no alimento (P) e a pressão de vapor da água pura (P₀), à mesma temperatura.
- O a_w de um alimento é sempre < 1. Os constituintes do alimento fixam parcialmente a água diminuindo a sua capacidade de vaporizar

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água

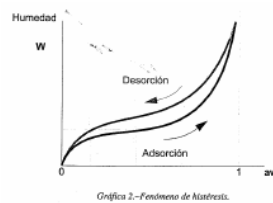
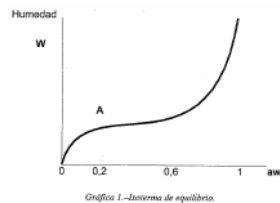
- Produtos + hidratados (frutos e legumes)
 - Água livre e debilmente adsorvida retida por capilaridade
- Produtos + secos (cereais)
 - Água fortemente adsorvida pelo produto
- Durante a desidratação
 - 1º eliminação da água livre,
 - Por último, a água de estrutura fortemente ligada às macromoléculas orgânicas por ligações electroestáticas

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água
 - Isotérmica de equilíbrio
 - A temperatura cte e em condições de equilíbrio, existe 1 única relação entre o conteúdo em água e a a_w do alimento
 - O equilíbrio pode ser alcançado por adsorção ou desorção

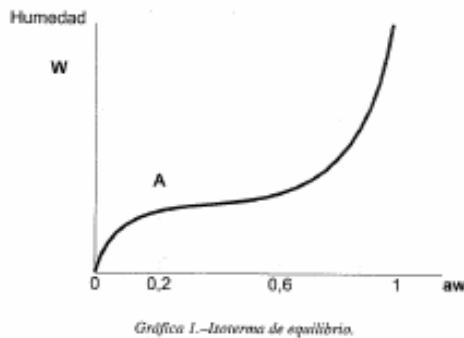


Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água



$$0 < a_w < 0,2$$

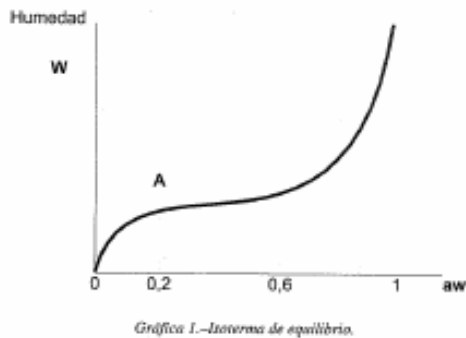
- Mt pouca água no alimento
- Forças de Van der Waals
- água ligada aos grupos polares das moléculas ou por pontes de Hidrogénio
- Macromoléculas saturadas por uma camada monomolecular de água
- 0,1g água/g de sólido

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água



$$0,2 < a_w < 0,6$$

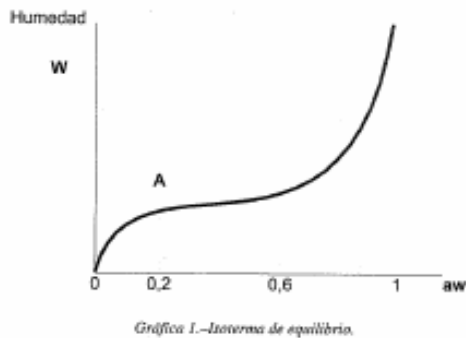
- água na forma de camadas polimoleculares que cobrem a superfície do substrato seco
- água como solvente para solutos de baixo peso molecular
- água disponível para algumas reacções bioquímicas
- estado de transição entre água ligada e água livre

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água



$$a_w > 0,6$$

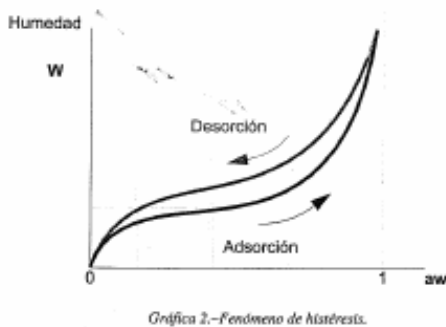
- água livre, no estado líquido retida na superfície do substrato livre por capilaridade
- água disponível para reacções químicas e enzimáticas
- crescimento microbiano (deterioração dos alimentos)
- componentes solúveis estão em solução

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água



Adsorção

- processo de aumento da água no alimento

Desorção

- processo de redução da água no alimento

Histéresis

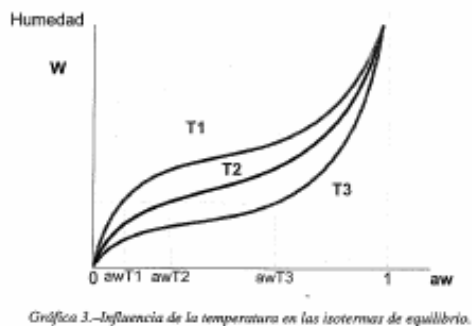
- qd as isotérmicas não se sobrepõem. Atenção!...

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Actividade da água



Δ temperatura

- $>$ temperatura $\Rightarrow > a_w$

- mais significado na zona intermédia

- a_w de 0,80 a 0,85 – 2 semanas de vida útil

- a_w de 0,7 a 0,75 – aumento apreciável da vida útil, armazenamento prolongado

- $a_w = 0,62$ quase desaparece a actividade microbológica

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Mecanismos de eliminação de água
 - Por via mecânica
 - Transferência de quantidade de movimento
 - Só elimina água uma parte da água não ligada
 - Não permite redução de humidade superior a 60%
 - Por via térmica
 - Transferência de energia
 - e transferência de massa

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Mecanismos de eliminação de água
 - Por via mecânica
 - Concentração prévia
 - centrifugação, filtração e ultrafiltração
 - Secagem prévia
 - drenagem e prensagem
 - Não se elimina água pura (sempre dispersões ou soluções)

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Mecanismos de eliminação de água
 - Por via térmica
 - Por ebulição (pressão de vapor de água = pressão ambiente)
 - Pressão atmosférica ($\geq 100\text{ °C}$) $\Rightarrow$ qualidade dos alimentos
 - Vácuo ($\leq 100\text{ °C}$) $\Rightarrow$ questões económicas
 - Condução, convecção e radiação
 - Por arraste
 - ar quente c/ pressão parcial de vapor de água $<$ que a do alimento

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

2. Fundamentos da eliminação de água

- Mecanismos de eliminação de água
 - Por via térmica
 - ebulição *versus* arraste
 - ebulição energeticamente mais barata
 - arraste permite a eliminação completa da água sem alteração significativa da qualidade do alimento
 - Liofilização é excepção, processo semelhante à ebulição, muito caro mas é o que melhor preserva a integridade do produto

SECAGEM

3. Processo básico de Secagem

A secagem é o processo de conservação que ao eliminar a totalidade da água livre, impede toda a actividade microbiana e reduz a actividade enzimática

Secagem, Desidratação (sinónimos)

Secagem – a_w suficiente p/inibir m.o e enzimas
0,12-0,14 kg água/ kg produto húmido
Desidratação – próximo dos 0% de humidade

SECAGEM

3. Processo básico de Secagem

- implica 4 processos de transporte

1. Transferência de calor desde gás até à superfície do produto
- por condução, convecção ou radiação

2. Transferência de calor desde a interface sólido-gás até ao interior do sólido
- por condução em regime transiente

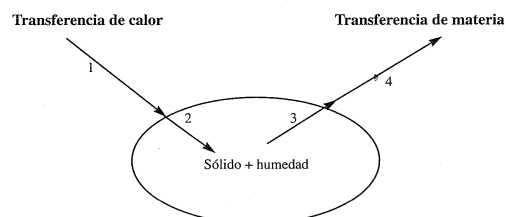


Figura 1.-Proceso básico de secado.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

3. Processo básico de Secagem

- implica 4 processos de transporte

3. Transferência de massa no produto

- por difusão ($\neq$ de concentração, c / humidade até 25%)
- ou capilaridade ($\geq$ 65% de humidade)

4. Transferência de vapor desde a interface sólido-gás até ao seio do gás

depende da temperatura do ar, humidade, caudal, superfície do alimento e pressão

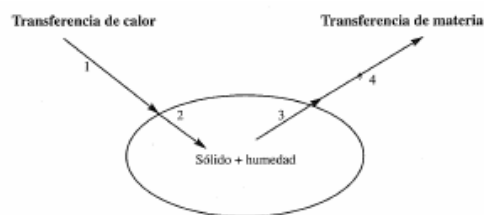


Figura 1.-Processo básico de secado.

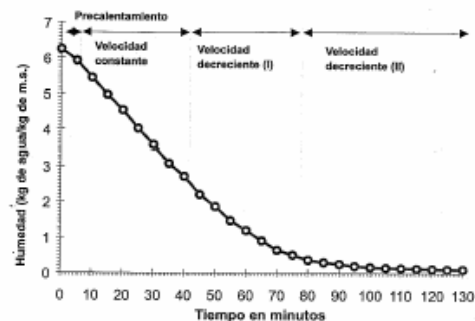
Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

4. Períodos de Secagem

- implica 3 fases

1. Pré-aquecimento
2. Período de velocidade de secagem constante
3. Uma ou mais fases de velocidade de secagem decrescente



Gráfica 4.-Periodos del secado.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

4. Períodos de Secagem

- implica 3 fases

1. Pré-aquecimento

- Aquecimento do produto e da água nele contida até a temperatura de b.h. característica do ambiente de secagem

2. Período de velocidade constante

- redução importante do conteúdo de água a fluxo mássico constante
- água (livre) eliminada por capilaridade
- termina qd se alcança a humidade crítica (depende do tamanho da partícula e das condições do ar de secagem)

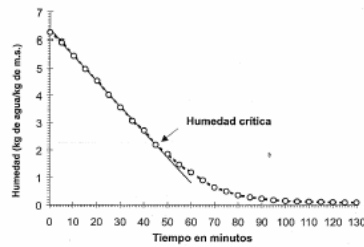


Gráfico 5.-Período de velocidad de secado constante.

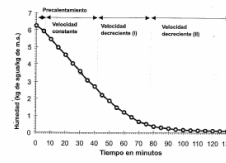


Gráfico 4.-Períodos del secado.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

4. Períodos de Secagem

- implica 3 fases

2. Período de velocidade constante

- a velocidade de secagem depende do meio de secagem
- aumenta com a temperatura
- e com a velocidade do ar
- *case hardening* – a deposição de solutos à superfície dificulta a eliminação de água nos períodos seguintes

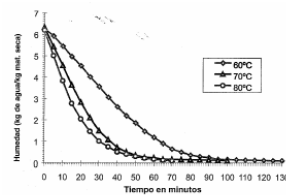


Gráfico 6.-Influencia de la temperatura del aire de secado.

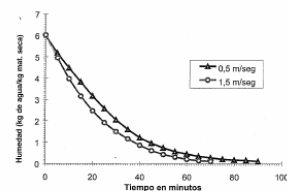


Gráfico 7.-Influencia de la velocidad del aire de secado.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

4. Períodos de Secagem

- implica 3 fases

3. Período de velocidade decrescente

- redução da superfície efectiva de transferência por falta de água livre
- obstrução dos poros por deposição de solutos
- a água ligada migra na forma de vapor
- maior distância a percorrer pelo vapor de água
- difusão do vapor desde a zona de evaporação até à superfície

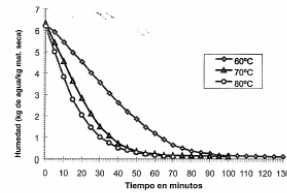


Gráfico 6—Influencia de la temperatura del aire de secado.

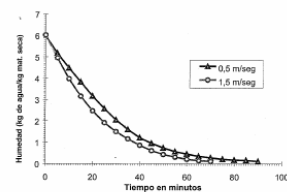


Gráfico 7—Influencia de la velocidad del aire de secado.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

4. Períodos de Secagem

- implica 3 fases

3. Segundo Período de velocidade decrescente (só em produtos higroscópicos)

- vel. secagem inferior à do período anterior
- só há água ligada que se evacua por difusão-sorção
- termina qd se alcança a humidade de equilíbrio com o ambiente de secagem

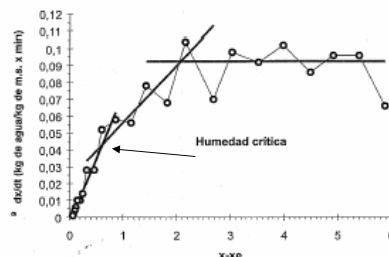


Gráfico 8—Períodos de velocidad decreciente.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

5. Preparação para a Secagem

- Lavagem
 - higienização/redução da carga inicial de m.o
- Preparação
 - apresentação final/facilidade de secagem (qt maior a área, menor o tempo de secagem...)
- Pré-tratamentos
 - Escaldão
 - Salga
 - Sulfitagem (SO₂)
 - Fumagem

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

6. Embalagem e armazenamento

- A boa conservação de um desidratado passa por um armazenamento ao abrigo da humidade, do oxigénio e da luz.
- A escolha do material de embalagem depende
 - Natureza do alimento
 - Condições de armazenamento (temperatura, humidade,...)
 - Propriedades protectoras do material
 - Facilidade de utilização
 - Disponibilidade e custo

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

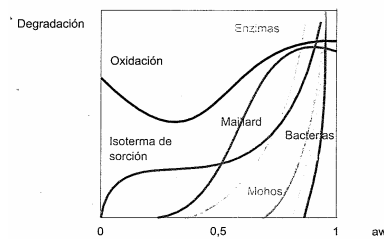
SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

A desidratação aumenta a vida útil do produto, mas altera a sua qualidade: aspecto, textura, gosto e composição nutricional (tempo e temperatura de secagem)

- Alterações de natureza química

- Oxidação dos lípidos
- Acastanhamento enzimático
- Reacções de Maillard
- outras



Gráfica 9.-Degradación en función de la actividad de agua (Labuza, 1971).

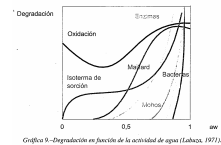
Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

- Alterações de natureza química

- Oxidação dos lípidos
 - responsável pelo ranço, maus sabores, perda de vitaminas lipossolúveis e pigmentos
 - alimentos com elevados teores de ácidos gordos (insaturados)
 - e grande relação superfície-volume
 - Influenciado pela humidade, substrato, oxigénio, temperatura, presença de metais, de antioxidantes naturais, actividade enzimática, luz UV, conteúdo em proteínas e amino-ácidos livres...
 - Evita-se com secagem a altas temperaturas (formação de crosta e Rx. Maillard), ao abrigo da luz, até a_w de 0,2 a 0,5



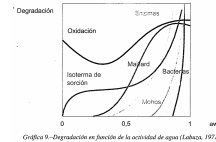
Gráfica 9.-Degradación en función de la actividad de agua (Labuza, 1971).

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

- Alterações de natureza química
 - Acastanhamento enzimático
 - Provocado por enzimas endógenas e enzimas microbianas termoresistentes
 - Secagem até a_w inferiores a 0,4 limita a sua actividade
 - Operação de escaldão apropriada
 - Sulfitagem (SO_2)



Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

- Alterações de natureza química
 - Acastanhamento enzimático

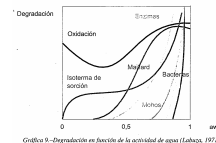


Tabla 1. a_w mínima para la acción enzimática en medio deshidratado (Drapon, 1985)

Producto	Enzima	T (°C)	a_w mínima
Granos	Fitasas	23	0,90
Germen de trigo	Glicósido-hidrolasas	20	0,20
Harina de arroz	Amilasas	30	0,75
Macarrones	Fosfolipasas	25-30	0,45
Harina de trigo	Proteasas	35	0,96
Pan	Amilasas	30	0,36
Caseína	Tripsina	30	0,50
Almidón	Amilasas	37	0,40/0,75
Galactosa	Galactosidasa	30	0,40/0,60
Sacarosa	Invertasa	30	0,57
Aceite de oliva	Lipasa	5-40	0,025
Lecitina	Fosfolipasas	30	0,45
Glucosa	Glucosa oxidasa	30	0,40
Ácido linoleico	Lipoxigenasa	25	0,50/0,70

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

- Alterações de natureza química

- Reacções de Maillard

- Rx favorecidas em meio ácido, rico em ácido ascórbico, açúcares e proteínas
- Secagem até a_w inferiores a 0,5
- Temperaturas de secagem a 50-55 °C dependendo do produto
- Tb ocorrem durante o armazenamento (utilização de sulfitos em frutas especialmente)

- Outras alterações

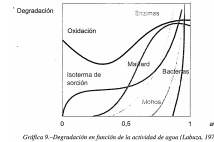


Gráfico 9 - Degradación en función de la actividad de agua (Labaco, 1971).

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

- Alterações de natureza química

- Outras alterações

- Perda de vitaminas
 - Mais a Tiamina, menos a riboflavina e niacina
 - A vitamina C quase desaparece
- Proteínas
 - Desnaturação afectando a capacidade de rehidratação
- Hidratos de carbono (substrato principal de rx de acastanhamento não enzimático)
- Cor
 - Carotenóides, antocianos e clorofilas são efectados

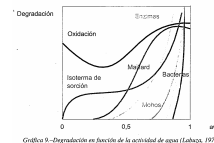


Gráfico 9 - Degradación en función de la actividad de agua (Labaco, 1971).

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

- Alterações de natureza física
 - Alterações de estrutura
 - gradiente de concentração provoca uma contracção do volume da célula
 - *Case hardening*
 - Alteração da textura
 - Desnaturação/coagulação proteica
 - Aumento do poder espessante do amido

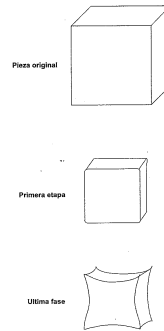


Figura 2.-Alteración estructural debida a la contracción de los tejidos.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

7. Alterações do produto provocadas pela desidratação e armazenamento

- Alterações de natureza física
 - Outras alterações
 - A água (líquida) transporta tb os solutos até à superfície
 - ou os solutos a migrar para o centro por gradiente de humidade
 - Perda de aroma e flavor
 - minimizada se houver formação de uma pequena camada superficial de produto seco onde no início do processo possam ficar retidos estes compostos

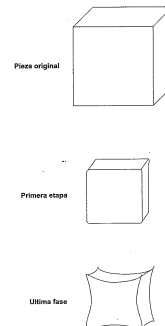


Figura 2.-Alteración estructural debida a la contracción de los tejidos.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

Sistemas específicos para cada produto

- Processo adiabático
 - Calor de vaporização fornecido pelo calor sensível do ar
- Processo não adiabático
 - Calor de vaporização fornecido por radiação ou por contacto com paredes aquecidas

Tabla 2. Alimentos y productos agrícolas y tipos de secaderos más adecuados (Sokhansanj y Jayas, Mujumdar 1995)

Producto	Tipo de secadero
Hortalizas, frutas, confitería	Bandejas y túnel
Frijoles, granos, hortalizas, frutas, nueces, cereales de desayuno	Cinta
Frijoles, granos, manzana, lactosa, estéril de aves, turba, almidón	Rotativos
Café, leche, té, puré de frutas	Atomización
Leche, almidón, alimentos infantiles predehidratados, sopas, productos de cervecería y destilería	Tambor
Almidón, pulpa de frutas, residuos de destilería	Neumático
Café, esencias, extractos de carne, frutas, hortalizas	Congelación y vacío
Hortalizas	Lecho fluidizado
Zumos	Foam Mat
Manzanas y algunas hortalizas	Horno

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem ao sol
 - Método mais antigo e difundido
 - Limitado para grande escala
 - Elevada mão de obra, grandes superfícies, ausência de controlo, infestação por insectos, degradação por m.o e rx bioquímicas, tempos longos de secagem
 - Energia renovável, não poluente, abundante, não monopolizada
 - Distribuição do produto em finas camadas sobre superfície uniforme e removimentações periódicas
 - Temperatura 5 a 15 °C acima da ambiente
 - Secagem de grãos, frutos e alguns legumes

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem solar
 - Energia solar utilizada de forma indirecta para secar grãos, frutas e forragens.
 - Os secadores solares diferem no modo de aquecimento ou na forma como utilizam a luz solar
 - Secadores Solares Directos
 - Secadores Solares Semiartificiais
 - Secadores Solares Assistidos

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem solar
 - Secadores solares naturais directos
 - Recebem directamente a radiação e transferem-na ao produto através de uma cobertura transparente (ar aquecido)
 - Secadores solares naturais indirectos
 - Secadores por convecção em que o ar é pré-aquecido pela energia solar num colector
 - líquidos (água) que através de um permutador aquecem o ar de secagem
 - Secadores semi-artificiais – caudal de ar necessário é impulsionado por ventiladores
 - Secadores Assistidos -usa água para “armazenar” energia

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem solar
 - Secadores solares naturais indirectos – líquidos (água) que através de um permutador aquecem o ar de secagem

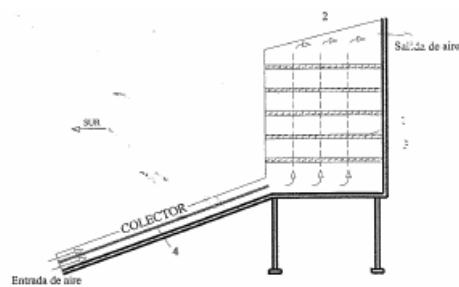


Figura 3.-Secadero solar indirecto.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem solar
 - Secadores semi-artificiais – caudal de ar necessário é impulsionado por ventiladores

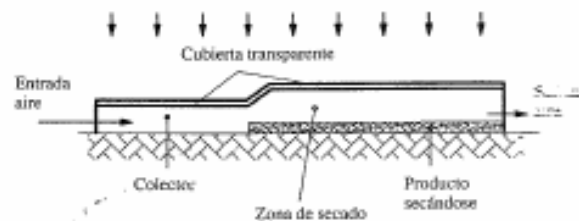


Figura 4.-Secadero solar de nivel (dispositivo en serie).

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem solar

- Secadores Assistidos -usa água para "armazenar" energia

Permite aumentar as horas diárias de secagem, previne a sobre-secagem armazenando o excesso de energia e permite o controlo da temperatura

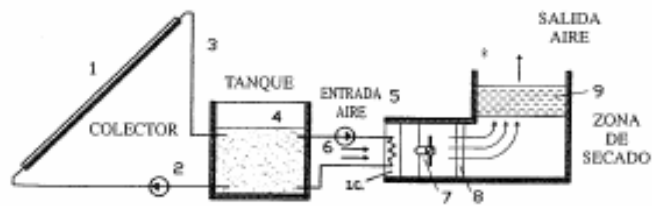


Figura 5.-Secadero solar asistido con almacenamiento de calor por agua.

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes

- Técnica + simples e económica (para frutos e legumes)
 - Transferência de calor por convecção
 - Ar quente, gases de combustão ou vapor re-aquecido
 - A velocidade e tempo de secagem são afectados pelo tamanho e geometria do produto, propriedades físicas do ar (temperatura, humidade e velocidade) e as características de desenho do secador
 - Secadores constituídos basicamente por espaço de secagem, sistema de aquecimento e sistema impulsionador de ar

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes



Figura 6.-Clasificación de los principales tipos de secaderos.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores de forno
 - Reduzida aplicação na IAA
 - Secadores de bandejas ou armário
 - Vel. ar de 1 a 10 m/s
 - Vel. de evaporação de 0,1 a 1 kg de água/h.m²
 - Espessuras de leito de 10 a 100 mm
 - Produtos de elevado valor
 - Capacidade até 25 a 50 kg/h de p.s.

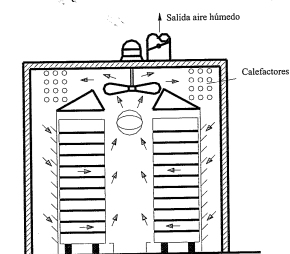


Figura 7.-Esquema de un secadero de bandejas o de armario.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores de túnel
 - Produto colocado em vagonetes
 - Circulação de ar é feita horizontalmente, em paralelo ou transversalmente à direcção do movimento dos vagonetes
 - Simples e versáteis
 - Elevada capacidade de produção
 - Amplamente utilizados

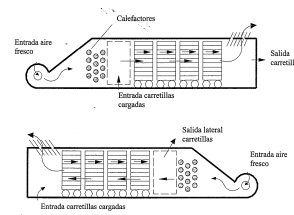


Figura 8.-Esquemas de secadores de túnel.

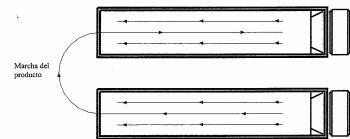


Figura 9.-Circulación en paralelo y en contracorriente.

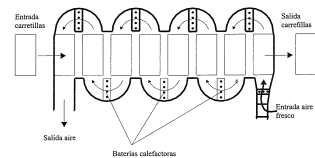


Figura 10.-Circulación perpendicular de aire.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores de tapete
 - Tapete de malha metálica ou lamina perfurada
 - Produto c/ 10-15 cm de espessura
 - Tapete de 20 m de comprimento e 0,5 a 2 m de largura
 - Possibilidade de utilizar tapetes sobrepostos qd há necessidade de tempos longos
 - Vel. regulada para o tempo de secagem
 - Grande escala mas pouco versáteis

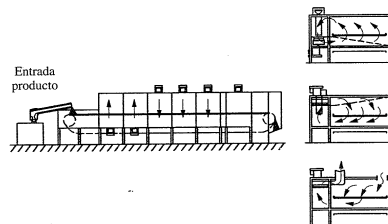


Figura 11.-Esquema de secadero de cinta transportadora (Proctor).

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes

- Secadores de rotativos

- Carcaça giratória ligeiramente inclinada (0 a 0,08 m/m)
 - Comprimento 4 a 10 vezes o diâmetro (0,3 a 3m)
 - Tem alhetas na parede interna p/ manter o produto em movimento
 - Vel. periférica de 0,2 a 0,5 m/s
 - Temperaturas da ordem dos 300 °C
 - Sólidos granulares (bagaço de azeitona)

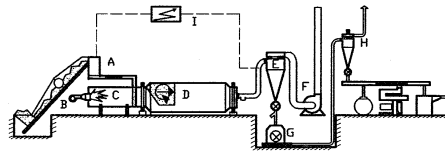


Figura 14.-Instalación de secadero rotatorio (Funcor-Atlas).

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes

- Secadores de leito fluidizado

- Inicialmente p/ grânulos de batata
 - O ar é simultaneamente agente de secagem e de fluidização
 - Consegue-se grande superfície efectiva de contacto
 - Limitação ao tamanho da partícula ($\varnothing$ 10 μ n a 20 mm)
 - Temperaturas mt elevadas ($\geq$ 150 °C)

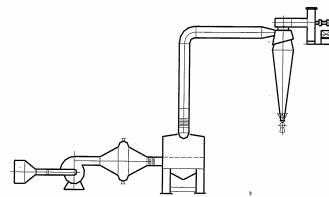


Figura 15.-Esquema de secadero de lecho fluidizado.

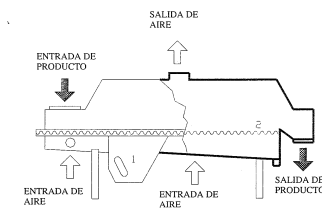


Figura 16.-Lecho fluidizado vibratorio (1: vibrador; 2: placa perforada corrugada).

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores de leito fluidizado
 - Elevadas velocidades de secagem
 - Tempos de secagem mt curtos
 - Instalações relativamente pequenas
 - Coef. vol. transf. de calor 4 vezes maior que no secador rotativo
 - Produto com partículas de forma regular e tamanho relativamente uniforme

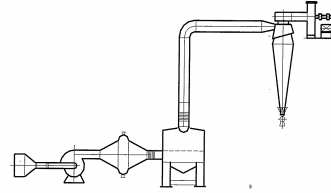


Figura 15 - Esquema de secadero de lecho fluidizado.

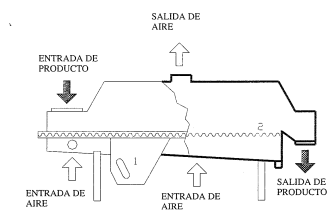


Figura 16 - Lecho fluidizado vibratorio (1: vibrador; 2: placa perforada corrugada).

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores de leito fluidizado
 - Ervilhas, feijão e vegetais em cubos, batata e sumos de fruta em pó
 - Secadores de leito fluidizado vibratório para leite, soro, cacau, café, etc, como secador secundário para finalizar a secagem por atomização

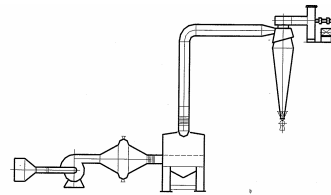


Figura 15 - Esquema de secadero de lecho fluidizado.

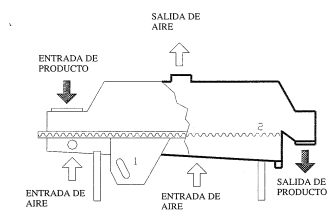


Figura 16 - Lecho fluidizado vibratorio (1: vibrador; 2: placa perforada corrugada).

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores por arraste pneumático em que a secagem se dá durante o transporte do produto
 - Grande superfície exposta ao ar
 - Grande diferença entre a vel. do produto e a vel. do ar
 - Grande turbulência
 - Elevada vel. transferência de calor
 - Temperaturas elevadas (150-700 °C)

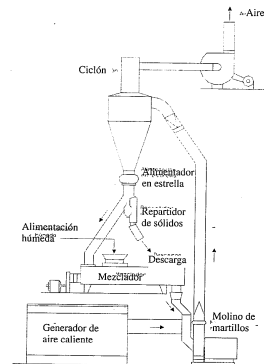


Figura 19.-Secadero por arrastre neumático.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores por arraste pneumático em que a secagem se dá durante o transporte do produto
 - Tempos curtos de secagem (5 s)
 - Temperatura do produto não excede o 40 °C
 - Produtos sensíveis ao calor que não sofram com a erosão durante o transporte
 - Produtos granulados muito divididos – amidos, farinhas, puré de batata

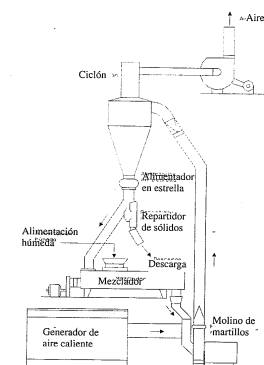


Figura 19.-Secadero por arrastre neumático.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores por atomização (spray dryer)
 - Método mais utilizado para produtos líquidos

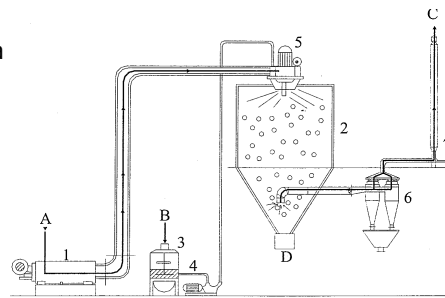


Figura 27.-Esquema de una instalación completa de secado por atomización (ICF).

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores por atomização (spray dryer)
 - Sistemas de aquecimento do ar
 - Combustão directa (gás/fuel-óleo)
 - Permutadores de calor (vapor de água) – maior eficiência térmica
 - Resistências eléctricas (instalações de baixa capacidade e piloto)

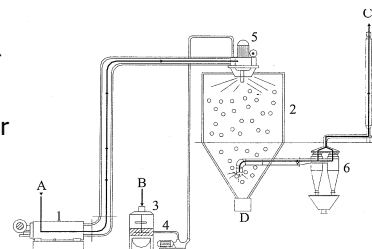


Figura 27.-Esquema de una instalación completa de secado por atomización (ICF).

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores por atomização (spray dryer)
 - Sistemas de dispersão
 - Centrífugos
 - $\varnothing$ 15-35 cm, 5000-25000 rpm
 - De pressão
 - 10 a 60 bar
 - De duplo fluido
 - Ar (comprimado a 5-10 bar) e líquido

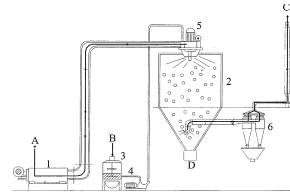
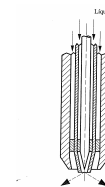
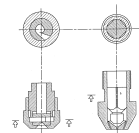


Figura 27 - Esquema de uma instalação completa de secado por atomização (ICF).



Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores por atomização (spray dryer)
 - Câmaras de secagem
 - Horizontal paralelo (+ utilizado)
 - Vertical paralelo descendente de fluxo linear de ar
 - Vertical paralelo descendente de fluxo helicoidal de ar
 - Vertical paralelo ascendente
 - Vertical em contracorrente

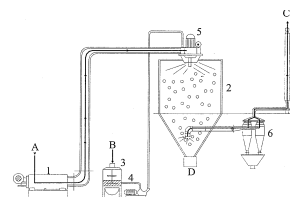


Figura 27 - Esquema de uma instalação completa de secado por atomização (ICF).

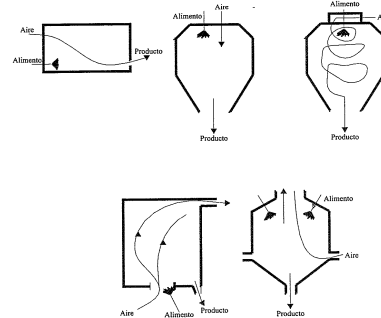


Figura 25 - Tipos de câmaras de secado.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por gases quentes
 - Secadores por atomização (spray dryer)
 - Sistemas de separação de pó
 - Ciclones
 - Separadores centrífugos
 - Tipo saco
 - Filtros de tecido

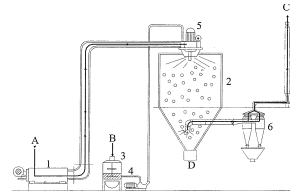


Figura 27.-Esquema de una instalación completa de secado por atomización (ICF).

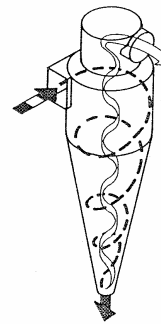


Figura 26.-Principio de funcionamiento de un ciclón.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por condução
 - Secadores indirectos em que a transferência de calor se dá por condução
 - Utilizam vapor de água, água quente, óleos térmicos, gases de combustão e resistências eléctricas como fontes de calor

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por condução
 - Secadores de parafuso sem-fim
 - Sólidos demasiado finos e pegajosos

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por condução
 - Secadores de tambor
 - O produto seca sobre a superfície exterior de um tambor rotativo aquecido interiormente
 - O tambor é aquecido com vapor de água ou água quente
 - Relação comprimento/diâmetro 2 a 3
 - Ø 30-200 cm
 - Superfície – 2 a 36 m²

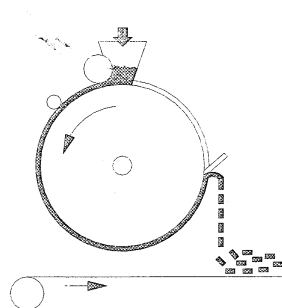


Figura 28.–Principio de funcionamiento de un secadero de rodillos.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Secagem por condução
 - Secadores de tambor
 - Sistemas de tambor simples, tambores duplo e tambores gémeos
 - Puré de batata em escamas, polpa de tomate, cereais de pequeno-almoço

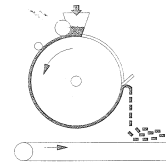


Figura 28.-Princípio de funcionamento de um secador de rotação.

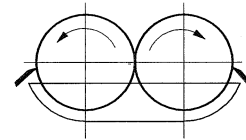
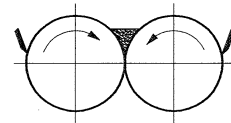


Figura 29.-Secadero de cilindros dobles y de cilindros gemelos.

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Outros métodos de secagem
 - Secadores Foam Mat
 - Produtos líquidos capazes de formar espumas estáveis
 - Espuma com 0,1-0,5 mm de espessura sobre suporte que se seca mediante corrente de ar quente
 - Leite, outros líquidos com estabilizadores de espumas (sumos de fruta)

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Outros métodos de secagem
 - Secagem por explosão (Explosion puffing)
 - Desenvolvido para desidratar peças de dimensão considerável de frutas e hortaliças
 - Custos comparáveis aos sistemas de ar quente
 - 1º- desidratação parcial inicial para proporcionar a desintegração do produto durante a fase de explosão
 - 2º- exposição em câmara com vapor de água de 0,7-4,9 bar provocando um sobre-aquecimento da água (líquida) do produto em relação à pressão atmosférica
 - 3º descarga do produto repentinamente à pressão atmosférica provocando a vaporização instantânea da água no interior do produto por canais e fissuras – produto seco de estrutura porosa

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Outros métodos de secagem
 - Secagem por microondas
 - Exposição do produto a ondas electromagnéticas de alta frequência (900-2500 MHz)
 - Reduz o tempo de secagem nomeadamente qd o produto não pode ser seco em sistemas tradicionais
 - Custo de energia e de equipamento relativamente caro em relação aos sistemas convencionais limita o seu uso
 - chips

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Outros métodos de secagem
 - Desidratação osmótica
 - Devido ao alto teor em água (humidade intermédia; 20-50%) não podem ser classificados como produtos desidratados (frutas confitadas, figos, uvas, enchidos, etc.)
 - Produtos estáveis microbiologicamente mas susceptíveis a alterações químicas, acastanhamento não enzimático e actividade enzimática
 - Aplicação de qts apreciáveis de cloreto de sódio, açúcares e poliois ou redução da qt de água (mais caro) para alcançar o a_w desejado
 - Fluxo de água > fluxo em contracorrente da substância osmoactiva = *desidratação osmótica*

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Outros métodos de secagem
 - Desidratação osmótica
 - Os produtos resultantes estão prontos a comer, não requerem rehidratação
 - Conteúdo da substância osmoactiva e composição química do alimento pode ser regulada de acordo com as necessidades
 - A massa de matéria-prima reduz-se sensivelmente para metade
 - As substâncias osmoactivas devem ser comestíveis, não tóxicas, inertes face ao produto e activas osmoticamente
 - Sacarose, glucose, lactose, frutose, maltodextrinas, amido, cloreto de sódio, glicerol...

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Liofilização
 - merece atenção particular

Processos de conservação de alimentos baseados na redução do conteúdo água

SECAGEM

8. Sistemas de desidratação

- Dimensionamento básico de um secador
 - Diagrama de Mollier
 - Exemplo

Pretende dimensionar um secador para ervilha com as seguintes características:

 - Características do ar à entrada
 - Temperatura do termómetro de bolbo seco – 30 °C
 - Temperatura do termómetro de bolbo húmido – 20 °C
 - Temperatura máxima de secagem – 90 °C
 - Humidade relativa do ar à saída do secador – 100%
 - Ervilha a secar – 250 kg/h
 - Humidade da ervilha – 75%
 - Humidade da ervilha seca – 12%

Calcule:

 - A capacidade do sistema impulsionador de ar.
 - Potência do sistema de aquecimento.
 - O CEM (consumo energético mássico).

