

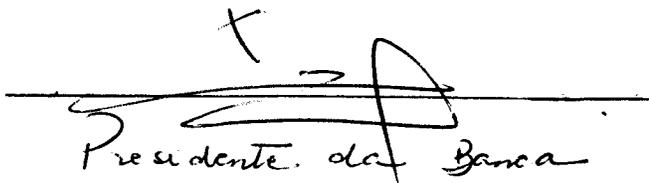
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da tese de defendida por Enny Therezinha Martucci e aprovada pela Comissão Julgadora em 26.05.89.

Campinas, 26 de maio de 1989


Presidente da Banca

PRODUTOS DESIDRATADOS DE OVO

ENNY T. MARTUCCI

ENG. ALIMENTOS, UNICAMP, 1972

ORIENTADOR

PROFESSOR DR. KIL JIN PARK

TESE DE DOUTORADO

CAMPINAS, SP, 1989

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

PRODUTOS DESIDRATADOS DE OVO

AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Dr. KIL JIN PARK pela valiosa orientação no desenvolvimento deste trabalho.
- Aos Professores Titulares: AHMED EL-DASH, IRACEMA DE OLIVEIRA MORAES, JOSÉ LUIS VASCONCELOS DA ROCHA, e Professores Drs. CARLOS ALBERTO GASPARETTO, GEORGE CURY KACHAN e SALVADOR MASSAGUER ROIG, as sugestões para a elaboração final deste trabalho.
- Ao Engenheiro de Alimentos RENATO T. TSUCHIYA e a ITO OVOS S/A - DIVISÃO INDUSTRIAL DE OVO LÍQUIDO PASTEURIZADO, pelo fornecimento das amostras líquidas, industrialmente preparadas, de albume, gema e ovo integral e realização dos ensaios microbiológicos das amostras desidratadas.
- A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO, pelo patrocínio das cópias xerográficas.
- Aos Técnicos DECIO TABOSSI e WILSON S. CURY pela colaboração prestada nos ensaios de planta piloto e de laboratório.

SUMÁRIO

Foi estudada a secagem de albume, gema e ovo integral usando um secador por atomização. Na operação de secagem a atomização foi feita com bocal de pressão e o ar de secagem foi aquecido diretamente pela combustão de gás liquefeito de petróleo. A pressão de atomização das amostras variou de 12 a 13kg*/cm² e a temperatura do ar de secagem foi de aproximadamente 200°C.

Na secagem de ovo integral líquido foi obtida a relação de 404,5kg/h de ar de secagem para 13,01kg/h de água evaporada. A eficiência térmica calculada foi de 45,20% e as perdas de calor calculadas foram de 17,42%.

O controle de qualidade das amostras desidratadas de albume, gema e ovo integral, foi feito através de ensaios microbiológicos e da dosagem de proteína solúvel, durante seis meses de armazenamento das amostras na temperatura de 20°C. Os resultados dos ensaios microbiológicos indicaram que não houve crescimento de microrganismos durante o armazenamento das amostras.

Os resultados da dosagem de proteína solúvel mostraram que a insolubilização proteica das amostras aumentou com o tempo de armazenamento. Esses resultados ajustaram-se ao modelo cinético de Michaelis-Menten, sendo obtidos os valores de velocidade máxima de insolubilização proteica de 3,26% de insolubilização por mês (PIM) para a gema, 5,26 PIM para o albume e 12,50 PIM para o ovo integral,

respectivamente. Os valores da constante de Michaelis-Menten foram 1,71, 4,47 e 9,00 para o albume, gema e ovo integral, respectivamente.

Foi também estudada a redução da glicose livre em amostras de ovo integral líquido, pelo método de fermentação, em ensaios de laboratório. Nesses ensaios foi utilizado inóculo de levedura fresca de panificação, nas concentrações de 0,25 a 0,50% em peso no mosto, que foi mantido nas temperaturas de 22, 26, 30 e 32°C.

O melhor resultado foi obtido com os ensaios nos quais a concentração de inóculo no mosto foi de 0,50% e a temperatura de fermentação foi mantida em 32°C. Com 120 minutos de fermentação foi conseguida a redução de 88,32% da glicose inicialmente presente nas amostras.

Durante a fermentação foi observado o decréscimo do pH do mosto, paralelamente à redução de glicose.

SUMMARY

Drying of albumen, yolk and whole egg was studied, using a spray-dryer. Pressure nozzle was employed for atomization and drying air was directly heated by combustion of liquefied petroleum gas. The atomization pressure of the liquid samples varied between 12 and 13kg*/cm² and drying air temperature was about 200°C.

A ratio of 404,5kg/h of drying air to 13,01kg/h of evaporated water was obtained for the drying of liquid whole egg.

Calculated thermal efficiency and heat loss were 45,20% and 17,42%, respectively.

Quality control for albumen, yolk and whole egg dehydrated samples were done by microbiological and soluble protein essays, during six months storage at 20°C.

Microbiological results did not show growing of microorganisms during storage.

Soluble protein results were indicative that samples protein insolubilization increased during storage time. These results fitted to Michaelis-Menten kinectic model. Maximum velocity values were 3,26% insolubilization by month (PIM) for yolk, 5,26 PIM for albumen and 12,50 PIM for whole egg. Michaelis-Menten constant values were 1,71, 4,37 and 9,00 for the albumen, yolk and whole egg, respectively.

Glucose reduction of the liquid whole egg were carried out by fermentation process, in laboratory essays. Brewer's yeast was added to egg melange until concentration of 0,25 and 0,50% by weight, and it was mintained at 22, 26, 30 and 32°C.

Better results was obtained with the melange brewer's yeast concentration of 0,50% and 32°C of fermentation temperature. Glucose reduction of 88,32% was achieved after 120 min of fermentation, during which pH decrease was also observed.

ÍNDICE

	PÁGINA
SUMÁRIO	iv
SUMMARY	vi
I. INTRODUÇÃO	1
II. OBJETIVOS	4
III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
III.1. Introdução	5
Fluxograma do Processamento de Albume, Gema e Ovo Integral, Líquidos	7
III.2. Perda da Qualidade/Redução da Glicose	11
Resumo	20
III.3. Comportamento Reológico da Matéria-Prima ..	23
Resumo	27
III.4. Pasteurização da Matéria-Prima	28
Resumo	32
III.5. Condições para a Secagem por Atomização ...	34
Resumo	40
III.6. Projeto dos Secadores por Atomização	42
Resumo	48
III.7. Composição e Propriedades da Matéria-Prima e sua Influência na Qualidade dos Produtos Desidratados	50
Resumo	57
IV. 1. Redução da Glicose no Ovo Integral Líquido	59
A) Material	59
B) Métodos	59
IV. 2. Secagem por Atomização de Albume, Gema e Ovo Integral Líquido	61

	PÁGINA
A) Material	61
1. Matéria-Prima	62
B) Métodos	62
2. Secagem por Atomização das Amostras .	63
Amostragem dos Produtos Desidratados	65
IV. 3. Controle dos Produtos Desidratados	66
A) Controle Microbiológico	66
B) Controle Químico	66
V. 1. Resultados e Discussão dos Ensaio da Redu- ção de Glicose Presente no Ovo Integral Lí- quido	67
V. 2. Resultados e Conclusões dos Experimentos de Secagem	69
V. 3. Resultados e Discussão dos Ensaio Microbio- lógicos	72
V. 4. Resultados e Discussão dos Ensaio Químicos	73
VI. CONCLUSÕES	76
VII. JUSTIFICATIVAS	77
VIII. TABELAS	
Tabela I - Produção de Ovos no Brasil	79
Tabela IIa - Composição Química do Ovo de Galinha	80
Tabela IIIa - Propriedades Reológicas do Albume e Ovo Integral Líquido	81
Tabela IIIb - Propriedades Reológicas da Gema ...	82
Tabela IV - Alguns Tipos de Microrganismos Pre- sentes na Casca do Ovo de Galinha e no seu Interior	83
Tabela V - Parâmetros para Pasteurização de Pro- dutos de Ovo	84
Tabela VIa - Valores de pH, Teor de Água e Den- sidade do Albume, Gema e Ovo Integral Líquido	85
Tabela VIb - Propriedades Físicas de Alguns Pro- dutos de Ovo	85
Tabela VII - Custo Global de Operação e Produção em um Secador por Atomização	86

	PÁGINA
Tabela VIIIa	- Cálculo da Economia de Recuperação da Entalpia do Ar de Exaustão 87/88
Tabela VIIIb	- Cálculo da Recuperação de Entalpia com o Uso de Isolante Térmico 88
Tabela IX	- Propriedades Funcionais de Produtos de Ovo 89
Tabela Xa	- Alguns Fatores Prejudiciais para a Secagem dos Produtos de Ovo 90
Tabela Xb	- Alguns Fatores Auxiliares para a Secagem de Produtos de Ovo 91
Tabela XI	- Composição dos Nutrientes em Produtos Comerciais de Ovo, obtidos com Secagem e Atomização 92/94
Tabela XII	- Dados do Ar usado para a Secagem e Valores Calculados da Umidade Relativa e Absoluta 95
Tabela XIII	- Dados do Ar de Secagem e Valores Calculados da Umidade Absoluta .. 96
Tabela XIV	- Dados da Alimentação do Secador . 97
Tabela XVa	- Dados da Redução da Glicose no Ovo Integral Líquido 98
Tabela XVb	- Dados da Redução da Glicose no Ovo Integral Líquido por Fermentação 98
Tabela XVI	- Resultados dos Ensaio Microbiológicos das Amostras Desidratadas de Albume, Gema e Ovo Integral em Pó 99
Tabela XVIIa	- Resultados da Dosagem de Proteína das Amostras Utilizadas na Secagem e da Umidade e Proteína das Amostras Desidratadas 100
Tabela XVIIb	- Valores da Insolubilização Proteica(%), das Amostras Desidratadas durante o Armazenamento 101
Tabela XVIIIa	- Valores da Insolubilização Proteica (%) das Amostras Desidratadas de Albume, Gema e Ovo Integral .. 102
Tabela XVIIIb	- Valores Calculados da Velocidade de Insolubilização Proteica (% INS./MÊS); das Amostras Desidratadas de Albume, Gema e Ovo Integral - (EQ. V.4-1) 103
Tabela XIXa	- Valores do Inverso da Insolubilização Proteica 104

		PÁGINA
Tabela XIXb	- Valores do Inverso da Velocidade de Insolubilização Proteica	105
Tabela XX	- Parâmetros do Ajuste das Curvas ..	106
XV. FIGURAS		
Figura I	- Curvas da Variação da Viscosidade do Albume	107
Figura II	- Parâmetros Reológicos do Ovo Integral Líquido	108
Figura IIIa	- Variação da Pressão de Vapor de Água e do Calor de Adsorção com a Umidade do Ovo Integral em Pó	109
Figura IIIb	- Variação da Pressão de Vapor de Água com a Umidade do Ovo Integral em Pó	110
Figura IV	- Parâmetros Operacionais e Custos de Instalação de Secadores por Atomização	111
Figura Va	- Comportamento das Variáveis da Secagem	112
Figura Vb	- Comportamento das Variáveis da Secagem	113
Figura VI	- Área Superficial das Partículas em Função do Diâmetro	114
Figura VII	- Curva Padrão da Glicose	115
Figura VIII	- Secador por Atomização (NIRO ATOMIAER)	116
Figura IX	- Pressão Manométrica e Vazão de Água da Bomba de Alimentação	117
Figura X	- Redução da Glicose no Ovo Integral Líquido	118
Figura XI	- Curvas de Insolubilização Proteica	119/120
Figura XIIa	- Curva do Inverso da Velocidade e da Insolubilização das Amostras de Albume em Pó	121
Figura XIIa	- Curva Ajustada	121
Figura XIIb	- Curva do Inverso da Velocidade e da Insolubilização das Amostras de Gema em Pó	122
Figura XIIb	- Ajuste da Curva	122

	PÁGINA
X.	APÊNDICES
	Apêndice 1 - Balanço de Massa na Secagem do Ovo In tegral Líquido 124
	Apêndice 2 - Balanço de Entalpia na Secagem de Ovo Integral Líquido 126
	Apêndice 3 - Testes Referidos no Texto 128
XI.	NOMENCLATURA 131
XII.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 133

I. INTRODUÇÃO

No século XX a criação de galinhas ganhou impulso em todo o mundo devido à facilidade de sua reprodução e adaptação em cativeiro, rendimento na conversão de ração e aceitação na alimentação humana.

Graças ao desenvolvimento obtido com a criação de algumas raças como "*Plymouth Rocks*" e "*White Legorn*", a produção de ovos foi aumentada paralelamente; em alguns locais o consumo de ovos passou a competir com o da própria ave, STADELMAN & COTTERILL (1977). Este fato propiciou a industrialização dos ovos de galinha, que desde o início mostrou-se vantajosa como matéria prima ou insumo industrial e como meio eficiente de conservação, na época de maior postura das aves ou de menor demanda.

O grande consumo de alimentos industrializados como maionese, produtos de panificação e confeitaria, sopas, etc., impôs a necessidade da obtenção em larga escala de produtos de ovos de alta qualidade e que suportassem maior tempo de estocagem.

A simplificação alcançada com o manuseio das formas líquida e desidratada destes produtos cresce de importância no processamento de alimentos industrializados face à difusão rápida do uso de produtos químicos. Estes podem ser excelentes substitutos dos produtos de ovo, quanto às propriedades funcionais desejadas, mas não apresentam as suas propriedades nutricionais.

A secagem industrial do albume, gema e ovo integral líquido já era efetuada desde a última década do século XIX, mas com capacidade muito limitada. No início do século XX, industriais de vários países, instalaram na China plantas para a secagem destes produtos, visando a grande produção local de ovos de galinha a preço conveniente assim como também mão-de-obra de baixo custo. A secagem do albume era feita em tachos (pan-drying), e da gema e ovo integral líquido em secadores de estiera (belt-drying). Esses produtos eram exportados a preços muito baixos até que, ao redor de 1930, as tarifas alfandegárias aumentaram de tal modo que a produção começou a ser compensadora em outros países, LABUZA (1976).

Durante muitos anos a secagem do albume continuou a ser feita em tachos mas, ao redor de 1940, a demanda de melhor produto, principalmente pelas fábricas de massas para bolos, introduziu definitivamente a secagem por atomização.

Até aproximadamente 1939, o ovo integral em pó tinha uso apenas doméstico; nas panificadoras havia sido preterido pela forma resfriada ou congelada devido à variação de qualidade e de tempo útil de armazenamento.

Nos Estados Unidos da América do Norte (EUA) a grande ocorrência de produtos desidratados de ovos ocorreu durante a II Guerra Mundial. Nesta ocasião foi dado grande desenvolvimento à pesquisa para obtenção de produtos de melhor qualidade, a qual prosseguiu posteriormente considerando as vantagens de manuseio e conservação.

Há alguns anos os produtos desidratados de ovos atingiram um nível de qualidade que permite seu emprego, com vantagens, em quase todas as formulações em que estes eram tradicionalmente usados na forma líquida. Estas vantagens são:

- a) Redução da atividade da água, o que dificulta o

↓

- desenvolvimento de microrganismos e reações bioquímicas secundárias não desejáveis.
- b) Redução do volume e massa originais.
- c) Facilidade de manuseio, estocagem e transporte com a consequente redução de perdas.
- d) Manutenção de melhor qualidade com a estocagem.

Basicamente a secagem por atomização consiste na dispersão da alimentação líquida do secador em gotículas diminutas que ficam envolvidas por uma corrente de ar aquecido. Essa dispersão é chamada de "atomização" devido ao diâmetro das gotículas ser da ordem de centésimos a décimos de milímetro, o que aumenta enormemente a área líquida em contato com o ar de secagem.

A atomização pode ser conseguida com o emprego de disco rotativo ou de bocais de pressão, pneumático e sônico.

A secagem das gotículas é muito rápida, em segundos, e além da minimização do efeito térmico, este secador oferece condições de controle sobre a densidade do produto seco, melhor capacidade de reconstituição, reduzida mão-de-obra, etc...

A produção de ovo de galinha no Brasil, segundo dados do IBGE (1982 e 1986) e da "FOOD & AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS" (1982 e 1986), mostrados na Tabela I, embora crescente, restringiu-se até 1984 à produção industrial de albume, gema e ovo integral sob forma líquida. A obtenção destes produtos desidratados ainda é incipiente no Brasil e na maioria das vezes decorre da utilização do tempo ocioso de equipamentos destinados à secagem de outros produtos, por meio de liofilização e, também mais recentemente, por atomização.

II. OBJETIVOS

1. Viabilidade da obtenção de albume, gema e ovo integral, em pó, usando bocal pneumático na secagem por atomização.
2. Controle da qualidade dessas amostras desidratadas, durante seis meses de armazenamento, na temperatura de 20°C.
3. Redução da glicose nas amostras de ovo integral líquido, em ensaios de laboratório.

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

III.1. INTRODUÇÃO

Devido à constituição específica do ovo de galinha há necessidade de que seus produtos sejam preparados cuidadosamente antes da secagem; o controle de cada etapa desta preparação é de grande importância para a qualidade dos produtos finais.

Em 1948 LIGHTBODY & FEVOLD apresentaram extensa revisão sobre os fatores que influenciam a qualidade do ovo integral em pó durante o armazenamento, e meios para seu controle.

O ovo é constituído por casca, albume (clara) e gema. A casca tem 1,6% de água e dos sólidos restantes, 95,1% são representados por material inorgânico e apenas 3,3% de material orgânico, predominantemente proteico, segundo RAMANOFF & RAMANOFF (1963). A casca tem uma membrana externa, a cutícula, e outra interna.

A composição do albume e gema é apresentada nas Tabelas II e III e a do ovo líquido (albume e gema homogenizados), na Tabela III. Os componentes do albume estruturam-se em quatro camadas, com o teor de água diminuído ligeiramente da mais externa para a mais interna. Os carboidratos do albume encontram-se combinados com proteínas e na forma de glicose livre. A ovalbumina, conalbumina, ovomucóide, ovomucina, ovidina, ovoglobulina, flavoproteína, lisozima e ovoinibidor, são as proteínas encontradas no albume. As cinco

primeiras apresentam-se sob a forma de glicoproteínas. A lisozima e a ovinibidor possuem ação enzimática, a primeira tem ação lítica sobre as paredes das células bacterianas e a segunda tem ação inibidora sobre a tripsina e protease bacteriana e fúngica.

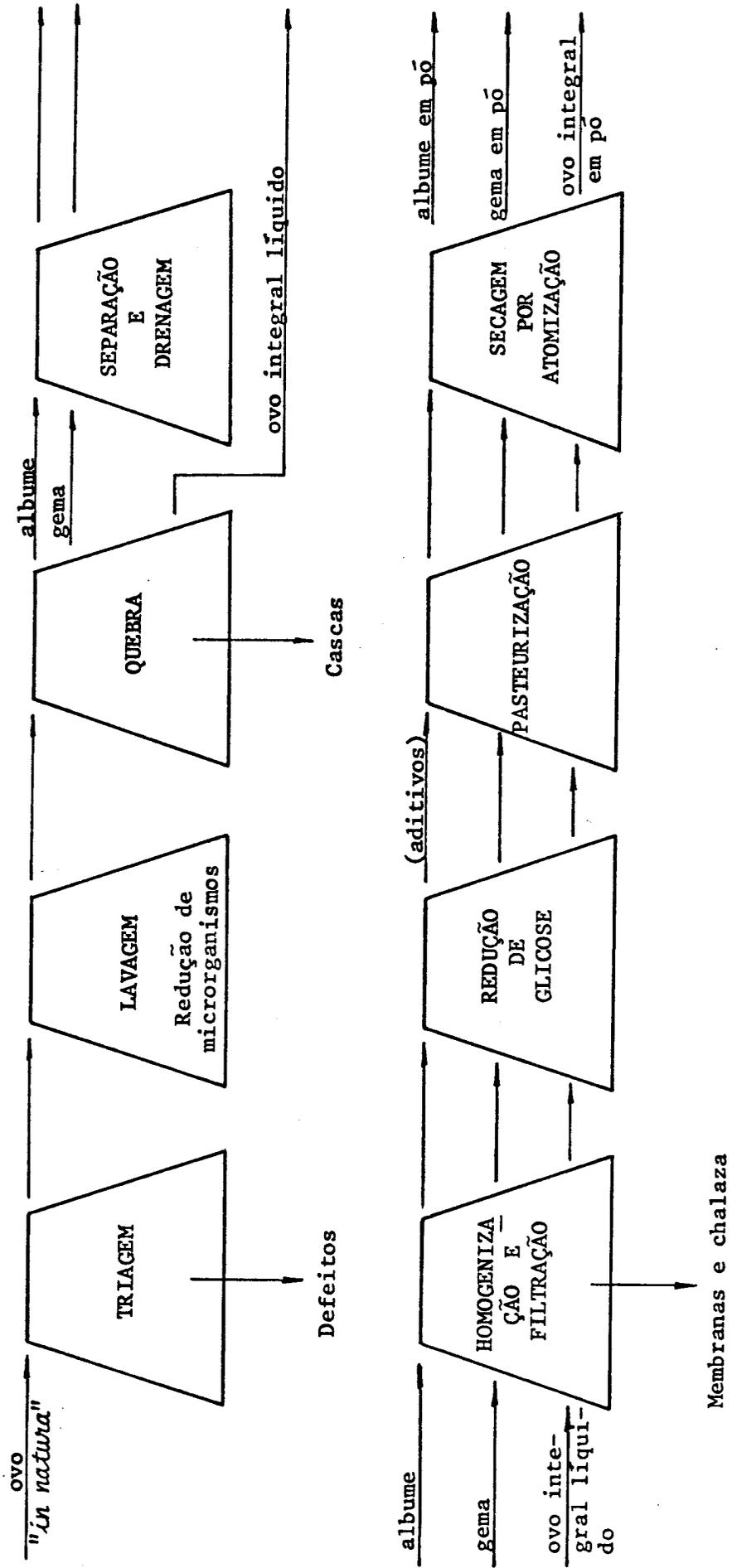
A gema também tem os seus componentes distribuídos em várias camadas, envolvidas por uma membrana vitelina. Tem elevado conteúdo de lipídeos, como glicerídeos, fosfolipídeos e colesterol, que estão associados às proteínas, dificultando a caracterização destas. A fosfovitina e a livetina são duas proteínas que não estão associadas aos lipídeos. A gema também apresenta glicose livre na sua composição. Todos estes componentes do ovo: proteínas, lipoproteínas, lipídeos com alta porcentagem de fosfolipídeos, carboidratos e pigmentos, que são compartimentados, ficam intimamente misturados durante a homogenização e secagem, e a organização original não pode ser refeita.

A estabilização dos produtos finais do ovo ainda é prejudicada pelos tratamentos térmicos a que são submetidos. Além das prováveis reações individuais de deterioração, poderão ocorrer reações entre os compostos formados nas etapas de preparação da matéria prima.

O esquema básico para a preparação do albume, gema e ovo integral para a secagem é o seguinte:

↓

→ FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DE ALBUME, GEMA E OVO INTEGRAL, LÍQUIDOS



O chinês obtinham albume desidratado de excelente qualidade deixando-o fermentar espontaneamente antes da secagem. A importância dessa fermentação, que reduzia a glicose livre do albume, escapou por muito tempo aos industriais ocidentais que a interpretavam como destinada apenas à redução de viscosidade da matéria prima facilitando a homogenização e secagem posterior.

O ovo apresenta aproximadamente 0,3% dos carboidratos (1,2% em base seca), como glicose livre, com distribuição praticamente igual no albume e na gema, Tabela IIb.

Os grupos aldeídicos da glicose livre reagem com os grupos amínicos das proteínas do ovo e também com os lipídeos, resultando substâncias, que após a secagem, vão promover o aparecimento de:

- a) Cor marrom (descoloração);
- b) substâncias fluorescentes;
- c) perda de solubilidade das proteínas; e
- d) alterações funcionais e sensoriais.

A pasteurização do albume, gema e ovo integral líquido, antes da secagem, visa a redução da população microbiana contaminante, mantendo ao máximo as propriedades funcionais e sensoriais destes produtos.

Habitualmente a pasteurização consegue reduzir a população microbiana para menos de 1% da inicial.

Este tratamento térmico tem a vantagem adicional de diminuir a viscosidade e tensão superficial da matéria prima, possibilitando maior uniformidade na distribuição de tamanho das gotículas atomizadas, o que contribui para maior eficiência térmica da secagem.

A partir de 1920, quando já era notado o incremento da produção industrial dos produtos líquidos de ovo, um dos maiores problemas

enfrentados era o de conseguir que estes mantivessem palatabilidade, mesmo dentro de curto espaço de tempo de armazenamento.

As pesquisas sobre o assunto, que se sucederam, mostraram que o número e tipo de microrganismos contaminantes dos produtos líquidos de ovo influenciava sua qualidade na estocagem, podendo haver rápido aparecimento de sabor e odor desagradáveis. Dependendo da temperatura de armazenamento o produto tornava-se azedo, pútrido e mesmo coagulado.

A microbiologia do ovo integral líquido foi vista como muito semelhante à do leite, no qual a carga bacteriana depende largamente das práticas sanitárias de colheita, manuseio e temperatura de armazenamento da matéria-prima.

Um dos primeiros tratamentos recomendados é feito sobre a casca do ovo, primeira fonte de contaminação para as etapas industriais. A maioria dos microrganismos contaminantes da casca do ovo está relacionada na Tabela IV.

Destes, *Escherichia coli* e *Aerobacter aerogenes* pertencem ao grupo dos coliformes, o qual inclui todas as bactérias aeróbicas e anaeróbicas facultativas, gram-positivas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás.

A primeira é encontrada habitualmente no trato intestinal e sua presença pode indicar contaminação por patógenos entéricos, como *Eberthella*, *Shiguella* e *Salmonella*, sendo esta última a mais facilmente detectável. *Aerobacter aerogenes* é geralmente associado a material não fecal.

O desenvolvimento da técnica necessária à secagem dos produtos de ovo seguiu um longo caminho até alcançar o padrão de qualidade atual, com manutenção das propriedades funcionais e sensoriais próximas às dos produtos "in natura".

Este desenvolvimento acompanhou a expansão das pesquisas e aplicações dos secadores por atomização, os quais tinham uso praticamente restrito à secagem de leite.

Inicialmente os problemas de conservação dos produtos desidratados de ovo, decorrentes na sua maior parte da manipulação e preparação inadequadas da matéria-prima, foram vistos como resultantes das condições de secagem, umidade residual e embalagem dos produtos finais.

III.2. PERDA DA QUALIDADE/REDUÇÃO DA GLICOSE

A influência da umidade e contaminação bacteriana no ovo integral em pó foi estudada em 1943 por THISTLE, PEARCE & GIBBONS, através das medidas de Valor da Água, Cloreto de Potássio, Fluorescência, Valor de Batimento e Palatabilidade, (Apêndice 3). Os testes de cloreto de potássio e fluorescência foram considerados os mais sensíveis para a medida da qualidade do produto desidratado, apresentando a mais alta correlação com o teste de palatabilidade. O baixo teor de umidade estava associado a valores mais altos de fluorescência. A influência da contaminação bacteriana ficou evidenciada pela perda de qualidade do ovo integral em pó.

Os mesmos testes foram usados por WHITE & THISTLE (1943), para amostras de duas diferentes plantas de secagem de ovo integral em pó, ambas feitas à temperatura de 149°C/63°C, (temperaturas do ar de entrada e saída do secador), e estocadas à temperatura de .. 26,7, 35,0, 43,3, 51,7 e 60,0°C. Com exceção dos valores extremos, estas temperaturas correspondiam aos valores mínimo, médio e máximo da saída do produto dos secadores. Foi verificado que a 51,7 e 60,0°C ocorrem duas ou mais reações para a formação das substâncias fluorescentes, decorrentes da hidrólise da fração proteica do ovo integral. A formação destas substâncias atingem um máximo e depois decresce indicando decomposição térmica das mesmas.

Estes autores também estudaram a variação do índice de refração e do pH do extrato de cloreto de potássio, e concluíram que para a manutenção de melhor qualidade do ovo integral em pó era aconselhável seu resfriamento logo após a saída do secador para temperatura abaixo de 26,7°C. Estes autores ainda observaram que a solubilidade dos produtos de ovo, a qual dá a medida da deterioração física decorrente da secagem e subsequente estocagem,

é considerada satisfatória quando a reconstituição dos produtos é mais difícil; as amostras de pouca solubilidade dispersam rapidamente formando uma suspensão ou um fluido viscoso.

WHITE & GRANT (1943) estudaram um teste de determinação refratométrica, (Apêndice 3), para medida da solubilidade do ovo integral em pó, e os fatores que a influenciam. Verificaram que havia correlação linear com os resultados da dosagem do nitrogênio proteico solúvel em água e o valor de cloreto de potássio para o ovo integral em pó desengordurado. Este método, segundo os autores, eliminaria a interferência da fração lipo-proteica. A comparação dos resultados obtidos com a dosagem de albumina pelo método da AOAC (1980) mostrou correlação não linear.

Ainda em 1943a, WHITE & THISTLE efetuaram testes de fluorescência, cloreto de potássio e refração em amostras armazenadas de ovo integral em pó, a partir de amostras de ovo integral líquido de três diferentes indústrias. A secagem foi feita às temperaturas de 108°C/59°C, 110°C/50°C e 154°C/65°C, (temperaturas do ar de entrada e saída do secador). Foi observado que o aumento da taxa de deterioração era proporcional ao aumento do teor de umidade das amostras, o qual variava de 2,0 a 8,5%. Na estocagem as temperaturas variaram de 7,1 até 43,3°C. Baseados nos resultados obtidos os autores concluíram que a umidade do produto deveria ser mantida abaixo de 2%, embora este nível implicasse no uso de temperaturas mais elevadas do que as recomendadas para a secagem.

Os testes utilizados para análise do ovo em pó e vários fatores relacionados com sua preparação e estocagem foram revistos por BATE-SMITH, BROOKS & HAWTHORNE (1943). Estes autores acentuaram que para o ovo integral em pó, a manutenção da qualidade do aroma é importante quando o mesmo é reconstituído para ser utilizado em pratos nos quais é material predominante; a areação e solubilidade

são importantes para seu emprego em panificação. Observaram ainda que, nas amostras examinadas, a solubilidade, medida pelo valor de cloreto de potássio, (Apêndice 3) decresceu durante a estocagem, em função da temperatura e do teor da umidade.

Foi encontrada limitação na correspondência entre as variações das propriedades sensoriais do produto e os resultados obtidos pelos testes químicos utilizados.

Em 1944 já era feita a redução da glicose livre do albume e HAWTHORNE & BROOKS (1944) utilizaram a mesma técnica para o ovo integral líquido, com inóculo de *Saccharomyces apiculatus*, a 37°C/3 horas. Também foi estudado o efeito de uso da tripsina, ficando evidenciado que sua ação se restringia à redução da viscosidade do albume. Outras amostras, nas quais foi feita a redução da glicose, foram adicionadas de lactose e sacarose, ficando demonstrado que estes carboidratos não ofereciam proteção adicional para retardar ou sustar as reações de deterioração da qualidade do produto. O decréscimo das reações de deterioração observadas no armazenamento foi muito acentuado nas amostras em que foi feita a redução de glicose.

Os diferentes métodos usados para medir a solubilidade do ovo em pó foram comparados por HAWTHORNE (1944), que considerou o Método químico (Apêndice 3), como o que apresentava os melhores resultados, embora esta determinação da porcentagem de proteína solúvel fosse bastante demorada.

A comparação dos resultados do teste de Índice de Solubilidade (Apêndice 3) aplicado a amostras de ovo em pó de alto e baixo padrão microbiológico, armazenadas em temperaturas diferentes por doze semanas, foi feita por STUART *et alii* (1945). A variação do índice de solubilidade aumentou com a elevação de temperatura de armazenamento e foi menor no decorrer da estocagem. As amostras

de baixo padrão microbiológico apresentaram insolubilização muito mais acentuada que as de alto padrão, e com maior variação nas temperaturas mais baixas de estocagem, - 17,8 e 7,2°C. Estes autores observaram ainda uma ligeira redução do Índice de Insolubilização, a qual foi acompanhada de estabilização da taxa de insolubilização, para todos os valores de temperatura usados no armazenamento; este fato foi explicado como decorrente do tratamento térmico de secagem.

CARLIN & AYRES (1951) estudaram a propriedade de batimento do albume reconstituído, submetido à redução de glicose por fermentação, e armazenado a 22 e 40°C. Os resultados obtidos com a fabricação de bolo de anjo, com as amostras armazenadas a 22°/16 semanas não foram diferentes do padrão, mas as de 40°C mostraram perda de qualidade. Amostras analisadas que não haviam sido fermentadas deterioraram rapidamente nas mesmas condições, com solubilidade mínima sendo quase impossível sua reidratação.

KLINE & SONODA (1951) publicaram uma pesquisa sobre a redução de glicose no ovo integral líquido, utilizando culturas dos microrganismos:

- a) *Torulopsis manosa*, *T. utilis* e *T. kefir*
- b) *Saccharomyces cerevisiae* e *S. carlbergensis*,

determinando o tempo necessário de fermentação pela dosagem do gás carbônico desprendido. Na fermentação foi testada a influência do pH inicial, temperatura, concentração do inóculo e seu efeito residual no produto desidratado por liofilização. Os melhores resultados de redução de glicose foram obtidos com fermentação na temperatura de 30°C, pH 6,0 aproximadamente, concentração de inóculo de 0,15% (base seca), e duração de 2 a 3 horas. Os inóculos de *S. cerevisiae* foram os que deixaram menor sabor residual no produto final. Os mesmos autores, a partir dos resultados de laboratório,

fizeram um experimento com 500 libras de amostra, usando inóculo de levedura comercial (*S. cerevisiae*), para a fermentação, na concentração de 0,5%, equivalente a 0,15% em base seca. A duração da fermentação foi de aproximadamente três horas com queda de 6°C na temperatura do líquido. Os resultados obtidos foram comparáveis aos de laboratório. O mosto fermentado do ovo integral líquido, após a pasteurização, não mostrou alterações sensoriais significativas.

KLINE, GEGG & SONODA (1951) evidenciaram que a reação entre glicose e cefalina (fosfatidil etanolamina) da gema forma compostos que são os responsáveis pelo aumento de fluorescência e absorção ultravioleta (UV), que é observado na fração fosfolipídica dos extratos de produtos desidratados de gema e ovo integral, durante sua estocagem. Estes autores citaram que pesquisas anteriores já haviam evidenciado que o pigmento marrom e o odor desagradável encontrado nestes produtos estavam ligados aos fosfolipídeos do ovo integral, e também que o aumento de fluorescência e absorção UV da mesma fração fornecia uma medida de deterioração dos produtos desidratados. Esta medida podia ser relacionada com as medidas de palatabilidade para os mesmos. A interação da glicose com a cefalina da fração fosfolipídica da gema foi verificada pelo fracionamento dos extratos etéreos obtidos do ovo integral em pó, em amostras que haviam sido submetidas à redução de glicose e amostras sem redução de glicose, sendo os dois grupos estocados à temperatura de 38°C. Esta interação seria responsável por:

- a) visível escurecimento;
- b) desenvolvimento de fluorescência e aumento da absorção UV;
- c) diminuição do nitrogênio amínico;
- d) desenvolvimento de sabor e odor desagradáveis, que são observados nos lipídeos totais ou na fração fosfolipídica

- do ovo integral desidratado sem prévia redução de glicose.

Ainda KLINE *et alii* (1951) fizeram testes para avaliação da estabilidade das propriedades químicas, funcionais e sensoriais do ovo integral em pó e verificaram que a remoção de glicose do ovo integral líquido, previamente à secagem, era essencial para a manutenção da qualidade do produto durante a estocagem. Verificaram que a perda do batimento estava principalmente associada à reação glicose-proteína e a perda de palatabilidade à reação glicose-cefalina. Os resultados obtidos mostraram que:

- a) a estabilidade do aroma do ovo integral em pó era dependente da redução da glicose quando estocado a 37,5°C/3 meses; a formação de substâncias de cor marrom era reduzida quando as amostras foram mantidas na mesma temperatura por seis meses;

A redução da glicose evitou o decréscimo da cor amarela natural do ovo integral, sendo este decorrente da redução oxidativa dos carotenóides presentes;

- b) a qualidade de panificação ainda é ótima com a estocagem do pó à temperatura de 37,5°C/6 meses;
- c) o decréscimo de pH, aumento de fluorescência dos compostos solúveis em sal, (Apêndice 3), aumento da fluorescência e absorção UV da fração lipídica e diminuição da solubilidade das proteínas são grandemente reduzidas pela redução da glicose livre.

A redução da glicose no albume foi conseguida por BALDWIN, CAMPBELL & THIESSEN (1953), com o uso de glicose oxidase (glicose desidrogenase), que consideraram seu uso mais vantajoso que o de microrganismos. Segundo estes autores os melhores resultados seriam obtidos com a eliminação da produção de ácidos voláteis, proteólise, separação de mucina e interferência do inóculo no aroma final do produto; estes seriam os problemas que poderiam ocorrer na

na fermentação com levedura. Com o emprego da glicose oxidase o tempo necessário para a redução da glicose de 3,2 até 0,1% depende da temperatura do líquido (ao redor de 40°C), manutenção de pH adequado e quantidade inicial da enzima utilizada. Com estes fatores sob controle o emprego do método enzimático seria tão econômico como o fermentativo, com a vantagem de melhores condições sanitárias.

AYRES (1958) estudou a redução de glicose no albume, usando culturas dos microrganismos: *Saccharomyces cerevisiae*, *Streptococcus lactis*, *Aerobacter aerogenes* e *Leuconostoc* sp em uma cultura lática, e enzimas: glicose oxidase e catalase, e peróxido de hidrogênio como anti-espumante.

Os resultados mostraram que:

- a) o decréscimo do pH da fermentação está diretamente relacionado com a diminuição de glicose, e o mínimo valor de pH ocorre com a máxima redução da glicose;
- b) a fermentação é inibida por valores de pH acima de 8,5;
- c) a fermentação é acelerada pela adição de extrato de levedura;
- d) as amostras de albume submetidas ao método enzimático produziram merengues mais pesados do que os obtidos pelo método fermentativo; entre estes últimos e os preparados com albume fresco não houve diferença significativa;
- e) a reprodução de células de *S. cerevisiae* e *S. lactis* foi muito pequena no albume fermentado.

Uma extensa revisão dos métodos empregados para redução da glicose nos produtos de ovo foi apresentada por KILARA & SHAHANI (1973), sem apresentar conclusão sobre qual dos métodos seria mais conveniente; são apenas enfatizadas as vantagens decorrentes da redução da glicose para a obtenção dos produtos desidratados de ovo.

A perda de qualidade de amostras de ovo integral, gema e gema com 1,8% de silicoaluminato de sódio (gema ss) em pó, foi analisada por LIEU, FRONING & DAM (1978), com estocagem nas temperaturas de 1,7, 12,8, 23,9 e 35,0°C/3 meses. Após a extração dos lipídeos das amostras, das frações fosfolipídicas isoladas foi feita a separação da cefalina (fosfatidil etanolamina) e da lecitina (fosfatidil colina). O conteúdo de lecitina não variou com a estocagem; o de cefalina decresceu e mais rapidamente nas amostras submetidas às duas temperaturas mais elevadas; nas amostras de gema e gema ss houve apenas um ligeiro decréscimo, na temperatura de 35°C. Segundo os autores no ovo integral em pó a interação glicose-cefalina seria mais acentuada devido à Reação de Maillard ser favorecida em pH mais alto, como também pelo maior teor de glicose. Neste trabalho não foi observado efeito da estocagem na composição e quantidade dos ácidos graxos nas amostras dos dois tipos de gema, mas nas amostras de ovo integral houve um ligeiro aumento da porcentagem de ácido oleico, o qual poderia advir da oxidação dos ácidos graxos insaturados. A alteração observada de pH foi marcante nas amostras estocadas a 23,9 e 35°C, e poderia ser decorrente da liberação de ácidos graxos e ácido fosfórico dos lipídeos pela ação de enzimas lipolíticos ou de aminoácidos resultantes da degradação proteica. A variação de pH foi menor para as amostras de gema e gema ss, provavelmente devido à maior atuação do sistema tampão da gema isolada.

WOODS & KINSELLA (1980) publicaram os resultados de suas pesquisas mostrando que as proteases de *S. carlbergensis* tem ação desprezível sobre as proteínas da albumina do ovo; a ovo-mucóide e a ovo-inibidora tem a capacidade de inibir a tripsina segregada, o que explicaria este comportamento

A destruição térmica desta levedura, quando empregada para

redução da glicose nos produtos de ovo, será efetivada com a pasteurização, sendo que MENEGAZZI & INGLEDEW (1980) em ensaios de destruição térmica obtiveram os resultados de:

Temperatura (°C)	Tempo (s)
50	163,0
55	17,0
60	1,8

O último par de valores: 60°C e 1,8 s, comparado com os valores utilizados na pasteurização de albume, gema e ovo integral líquido (Tabela V), evidencia a destruição da levedura durante este tratamento térmico.

RESUMO III.2. PERDA DA QUALIDADE/REDUÇÃO DE GLICOSE

STALDEMAN & COTTERRILL (1977), relataram a excelente qualidade do albume desidratado, que era produzido pelos chineses. Estes o submetiam a uma fermentação, antes da secagem, que reduzia a glicose livre. Os grupos aldeídicos da glicose livre reagem com os grupos amínicos das proteínas do ovo, promovendo o aparecimento de cor marrom, substâncias fluorescentes, perda da solubilidade das proteínas e alterações funcionais e sensoriais.

THISTLE, PEARCE & GIBBONS (1943) estudaram a influência da umidade e contaminação bacteriana no ovo integral em pó, através dos testes de valor de água, cloreto de potássio, fluorescência, batimento e palatabilidade.

WHITE & THISTLE (1943) empregaram os mesmos testes para avaliação da qualidade do ovo integral em pó, de duas diferentes plantas de secagem. Verificaram que o produto estocado, a 51,7 e 60,0 graus centígrados, apresentava hidrólise da fração proteica.

WHITE & GRANT (1943) estudaram a solubilidade de amostras de ovo integral em pó, e alguns fatores que a influenciava.

WHITE & THISTLE (1943a) continuaram as pesquisas anteriores, demonstrando que o aumento da taxa de deterioração do ovo integral em pó, era proporcional a umidade das amostras examinadas, que variava de 2,0 a 8,5%.

BATE-SMITH, BROOKS & HAWTHORNE (1943) revisaram os testes utilizados na análise do ovo integral em pó, e vários fatores relacionados com sua estocagem.

HAWTHORNE & BROOKS (1944) usaram o microrganismo *S. apiculatus*, para a redução de glicose no albume.

HAWTHORNE (1944) considerou o Método Químico, para dosagem

de proteína solúvel do ovo integral em pó, como o mais adequado.

STUART *et alii* (1945) compararam os resultados dos testes do Índice de Solubilidade, para amostras de ovo integral em pó, de alto e baixo padrão microbiológico.

CARLIN & AYRES (1951) estudaram a propriedade de batimento do albume reconstituído, cuja glicose havia sido reduzida, antes da secagem.

KLINE & SONODA (1951) fizeram experimentos de redução de glicose no ovo integral líquido, utilizando inóculo de *T. manosa*, *T. utilis*, *T. kefir*, *S. cerevisiae* e *S. carlbergensis*. Estudaram a influência do pH inicial, temperatura, concentração do inóculo na fermentação e seu efeito residual.

KLINE, GEGG & SONODA (1951) evidenciaram que a glicose e cefalina da gema, também formam compostos indesejáveis, os quais produzem cor marron e odor desagradável no ovo integral em pó, durante a estocagem.

KLINE *et alii* (1951) concluíram que a redução de glicose no ovo integral em pó é essencial para manter a qualidade, durante a estocagem. A redução do rendimento do batimento estaria associada a reação glicose-proteína, a perda de palatabilidade associada a reação glicose-cefalina.

BALDWIN, CAMPBELL & THIESSEN (1953) usaram glicose-oxidase para redução da glicose de amostras de ovo integral em pó, considerando este método mais vantajoso que o emprego de microrganismos.

AYRES (1958) empregou os métodos, microbiológico e enzimático, para redução de glicose em amostras de albume, e concluiu que o primeiro método era mais vantajoso.

KILARA & SHAHANI (1973) apresentaram extensa revisão dos métodos de redução de glicose nos produtos de ovo.

LIEU, FRONNING & DAM (1978) estudaram a perda de qualidade, no armazenamento, de amostras de ovo integral, gema e gema adicionada de silicoalbuminato de sódio a 1,8%.

WOODS & KINSELLA (1980) evidenciaram que as proteases de *S. carlbergensis* têm ação desprezível sobre as proteínas do ovo.

MENEGAZZI & INGLEDEW (1980) apresentaram resultados de temperatura e tempo, necessários para a destruição térmica de leveduras que podem ser utilizadas para a redução de glicose.

III.3. COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA MATÉRIA-PRIMA

PAYAWAL, LOVE & STEWART (1946) estudaram o efeito do tratamento térmico sobre a viscosidade do albume, gema e ovo integral líquido utilizando um modelo de viscosímetro capilar. As amostras foram rapidamente aquecidas até a temperatura de estudo e depois rapidamente resfriadas a 25°C para as medidas. A temperatura máxima atingida pelas amostras foi ligeiramente maior que a de coagulação das proteínas próprias, entre 70 e 75°C foi observado que:

- a) o aumento de viscosidade do albume começou a ser notado a 58,0°C, ainda era pequeno a 60,0°C, mas era nítida a influência do tempo de aquecimento neste aumento. O maior valor atingido foi a 62,5°C/45 s, após o qual a variação de viscosidade ficou irregular, apresentando dois picos, a 63,0 e 66,0°C, os quais estariam relacionados com a fração de mucina.

A desnaturação ocorreu de 58,0 a 62,0°C;

- b) as amostras de gema (50,5 até 51,0% de sólidos) não apresentaram aumento de viscosidade até atingir a temperatura de 62,5°C, mas a partir de 58,0°C era notada a influência do tempo de aquecimento neste aumento. A 65,0 graus centígrados o valor da viscosidade diminuiu bruscamente, voltando a aumentar com a elevação de temperatura até a rápida coagulação das proteínas a 70,0°C.

Este comportamento seria resultante da quebra da emulsão da gema, a qual teria maior efeito sobre o valor da viscosidade que a própria desnaturação proteica. A desnaturação ocorreu de 62,5 até 70,0°C;

- c) em amostras de ovo integral líquido o aumento de viscosidade começou a ser notado a 56,0°C, foi lento até 66,0 graus centígrados, mostrando um decréscimo a 68,0°C; voltou a aumentar com a elevação de temperatura até atingir a coagulação a 73,0°C.

Até 62,5°C não houve influência do tempo de aquecimento, ↓

→ e além deste valor o aumento de viscosidade foi linear com a elevação de temperatura e tempo de aquecimento.

A desidratação ocorreu de 56,0°C até 66,0°C.

Os valores da viscosidade das amostras estão nas Tabelas IIIa e IIIb.

As características reológicas de amostras de ovo integral líquido foram determinadas por CONFORD, PARKINSON & ROBB (1969), em: a) ovo integral natural; b) pasteurizado e armazenado com resfriamento; c) pasteurizado e armazenado congelado, utilizando o viscosímetro rotacional EPPRECHT-RHEOMAT 15. As amostras mostraram o seguinte comportamento, respectivamente: a) fluído Newtoniano; b) fluído Newtoniano; c) fluído pseudoplástico. Não foi encontrada correlação entre o volume específico do bolo esponja produzido com as amostras e os valores encontrados nas determinações do comportamento reológico, são apresentados nas Tabelas IIIa e IIIb.

Uma correlação entre a viscosidade dos produtos de ovo e o tempo de residência necessário no tubo de retenção de pasteurizadores foi mostrada por SCALZO *et alii*, em 1969. Utilizando o viscosímetro BROOKFIELD LVT mediram a viscosidade de amostras de albume estabilizado, gema, gema com 10% de sal, na temperatura de 61,6°C. Os resultados obtidos são mostrados nas Tabelas IIIa e IIIb.

HOLDSWORTH (1971), em extensa revisão bibliográfica sobre a aplicabilidade dos modelos de comportamento reológico de alimentos fluídos no seu processamento, cita as discrepâncias encontradas por vários pesquisadores em relação a estes modelos recomendados para os produtos de ovo.

O comportamento reológico do albume, com o viscosímetro rotacional HAAKE foi estudado por TUNG, WATSON & RICHARDS (1971), os quais concluíram que seu comportamento segue o modelo de fluído pseudoplástico dependente do tempo, num processo combinado tixotrópico-

-reodestrutivo. Foram feitas medidas nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C com taxas máximas de cisalhamento de 1570 e 3140 s⁻¹. Os autores enfatizam que a determinação da qualidade do albume, que foi feita em unidades HAUGH (Apêndice 3), é fundamental para a determinação das características do comportamento reológico dependente do tempo.

A viscosidade da gema diluída, em diferentes concentrações, foi medida por CUNNINGHAM (1972), para determinar a influência destas diluições na propriedade de batimento e volume do bolo esponja obtido com as mesmas. Os autores usaram o viscosímetro BROOKFIELD SYNCHRO - ELECTRIC RVF. Albume e água foram usados para as diluições com ajuste de sólidos de gema de 53, 51, 49, 47, 45 e 43%, respectivamente. Foi observado que a diluição da gema causa acentuação do decréscimo no valor da viscosidade; dos valores que estão na Tabela IIIb, o primeiro refere-se à gema diluída com albume e os quatro restantes à gema diluída com água.

A influência do pH na viscosidade do albume livre de gema foi estudada por PITSILIS, WALTON & COTTERILL (1975), considerando que o mesmo é processado com valores de pH que variam de 5,0 até 9,0. O albume natural foi homogenizado em um misturador (WARING BLENDOR), ajustado para 6.000rpm, e as medidas de viscosidade foram feitas no viscosímetro BROOKFIELD LVT, com taxa de cisalhamento de 36,7 s⁻¹. As curvas obtidas de variação de viscosidade em função do pH, em diferentes temperaturas, são mostradas na Figura I; com base nestes parâmetros foi apresentado um modelo matemático para o cálculo da viscosidade do albume.

Resultados de medida de viscosidade de gema, gema com 1,8% de silicoaluminato de sódio (gema ss) e ovo, reconstituídos após 3 e 6 meses de estocagem são dados por LIEU, FRONING & DAM (1978),

que usaram para as medidas o viscosímetro BROKFIELD LVT.

STADELMAN & COTTERILL (1977) compilaram alguns valores de viscosidade do albume e gema, que estão incluídos nas Tabelas IIIa e IIIb.

O efeito do pH, concentração e cloreto de sódio e tempo de armazenamento sobre os parâmetros viscoelásticos das partículas da gema foram estudados por SHARMA (1979), que procurou os níveis ótimos destes tratamentos em relação à capacidade de emulsificação da gema (45% de sólidos). A avaliação dos parâmetros viscoelásticos foi feita usando um Espectrômetro Mecânico Reométrico (RHEOMATICS, INC.) e foram desenvolvidas equações para descrever os efeitos observados. Os melhores resultados foram obtidos com pH-6,0 e concentração de cloreto de sódio de 5,00 a 6,15%, com retardamento do efeito de aglomeração das partículas e conseqüentemente aumento da viscosidade.

HAMID-SAMINI, SWARTZEL & BALL (1984) estudaram as propriedades de escoamento do ovo integral líquido para estabelecer limites da temperatura de pasteurização, evitando a coagulação do material. Utilizaram o viscosímetro WELLS-BROOKFIELD SYNCHRO - LETRIC MICRO VISCOSIMETER modelo 2,5 x LVT. Os resultados mostraram que havia dependência da viscosidade com a taxa de cisalhamento, temperatura e tempo de exposição. Os resultados são apresentados na Figura II.

RESUMO III.3. COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA MATÉRIA-PRIMA

PAYAWAL, LOWE & STUART (1946) estudaram o aumento da viscosidade do albume, gema e ovo integral, líquidos, com viscosímetro capilar.

CONFORD, PARKINSON & ROBB (1969) determinaram as características reológicas de amostras de ovo integral líquido *in natura* e pasteurizado: armazenado com resfriamento e com congelamento. Encontraram comportamento não-newtoniano para o último caso.

SCALZO *et alii* (1969) mediram, com viscosímetro BROOKFIELD LVT, a viscosidade de amostras de albume, gema e gema com 10% de sal.

HOLDSWORTH (1971) citou as discrepâncias encontradas por vários pesquisadores, em relação aos modelos reológicos recomendados para os produtos de ovo.

TUNG, WATSON & RICHARDS (1971) estudaram o comportamento reológico do albume, com o viscosímetro rotacional HAAKE, que foi considerado como o de um fluido pseudoplástico dependente do tempo.

CUNNINGHAM (1972) mediu a viscosidade da gema, em diferentes concentrações, para verificar a influência das diluições na propriedade de batimento e o volume do bolo esponja resultante.

PITSILIS, WALTON & COTTERILL (1975) verificaram a influência do pH na viscosidade do albume.

LIEU, FRONNING & DAM (1978) forneceram resultados da medida de viscosidade da gema, gema adicionada de 1,8% de silicoalbuminato de sódio e ovo integral, reconstituídos.

HAMID-SAMIMI, SWARTZEL & BALL (1984) estudaram as propriedades de escoamento do ovo integral líquido, para estabelecer limites de temperatura para sua pasteurização.

III.4. PASTEURIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Baseados em pesquisas anteriores WINTER, GRECO & STEWART (1946) estudaram a conservação do ovo integral líquido. Em trinta e sete amostras comerciais analisadas constataram a presença de coliformes, com número variando de 300 até 425.000 microrganismos por grama de produto e com resistência térmica variável, verificada em vinte e sete das amostras que foram pasteurizadas em laboratório. Destas últimas, um grupo de quinze amostras foi pasteurizado na temperatura de $67,8^{\circ}\text{C}/6-16$ s e outro de doze amostras foi tratado a $60,0^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ e $60,1^{\circ}\text{C}/6\text{min}$. Para os dois grupos não houve sobrevivência de coliformes e a redução do número inicial foi maior que 99%. As amostras pasteurizadas foram mantidas sob refrigeração e tiveram, no mínimo, uma semana de conservação satisfatória.

A temperatura e tempo de pasteurização para eliminação de coliformes e salmonelas do ovo integral líquido foram pesquisados por WINTER, STEWART & WILKIN (1948). Em amostras de várias procedências encontraram coliformes, em quantidade crescente, de a para d:

- a) quebra de ovos com casca suja e com solução de continuidade, feita em laboratório;
- b) provindas de plantas industriais;
- c) de ovo integral líquido congelado industrial;
- d) de ovo integral líquido congelado mantido descongelado;

mostrando que a maioria das bactérias contaminantes do ovo integral líquido tinha como fonte a casca, os equipamentos de quebra e manuseio posterior. Com a análise feita para contagem total e de coliformes, em cento e trinta e quatro amostras, concluíram que o teste de coliformes era uma medida eficiente das condições sanitárias da planta de quebra de ovos, embora este teste não seja um indicativo

confiável da eficiência da pasteurização; foi observado que em algumas amostras os coliformes eram mais facilmente destruídos que alguns tipos de salmonelas.

Para evitar a contaminação do ovo integral líquido pelas bactérias da casca CLINGER *et alii* (1951) citaram autores que recomendam a pasteurização diretamente no ovo *in natura*.

A imersão dos ovos em água fervendo por cinco segundos foi indicada por ROMANOFF & ROMANOFF (1963). Este tratamento térmico não prejudica a propriedade de batimento do albume e provavelmente destrói a maioria das bactérias da superfície da casca prevenindo sua penetração; a inundação dos poros da casca é evitada em alguma extensão pela cutícula que os recobre.

SCALZO *et alii* (1969) estudaram o tempo de residência de produtos de ovo no tubo de retenção de um trocador de calor de placas, usando traçador radioativo. Os resultados mostraram que o tempo real de residência é significativamente menor que o tempo médio de residência de todas as partículas, sendo necessária uma correção na equação usada para o cálculo do comprimento do tubo de retenção.

A diferença encontrada foi de 19% para o ovo integral líquido, 24% para gema (41% de sólidos) e para gema com 10% de sal (43% de sólidos), e para o albume estabilizado foi de 24%.

Ao redor de 1966 a identificação e inspeção das indústrias de produtos de ovo já tinha se iniciado nos EUA; a pasteurização começou a tornar-se obrigatória embora fosse empregada desde 1930. As normas estabelecidas para os produtos de ovo pelo "UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA)" apresentados por STADELMAN & COTTERILL (1977) encontram-se na Tabela V. Segundo esses autores, no REINO UNIDO, a temperatura de pasteurização recomendada é

mais elevada, 64 - 65°C/2,5min, condição que permite a aplicação de teste enzimático (inativação de alfa-amilase presente), para controle de sua aplicação adequada. As condições de pasteurização estabelecidas levam em conta as diferenças de composição dos produtos de ovo. Algumas das suas propriedades físicas são apresentadas nas Tabelas VIa e VIb. Os autores citam que seguindo a aplicação das normas da pasteurização haja uma perda de 5% do volume do produto e porcentagem similar de perda nas propriedades funcionais. No primeiro caso decorreriam do próprio uso do pasteurizador e no segundo caso devido ao tratamento térmico. Dos produtos de ovo o que mais apresenta problemas com a pasteurização é o albume, devido à formação do complexo ovomucina-lisozima que pode ser dissociado no tratamento térmico posterior de secagem. Alguns aditivos, como o ácido acético, são usados para aumentar a eficiência da pasteurização. A resistência da *Salmonella typhimurium* é diminuída com a adição de sal ou açúcar aos produtos de ovo. As salmonelas são mais resistentes ao tratamento térmico em pH 5,0 e 6,0, ficando mais difícil sua eliminação na gema que no albume. É importante também a referência destes autores ao fato de que a destruição de diferentes tipos de salmonelas a 60°C é 13 a 14 vezes maior para o albume (pH 9,0), do que para o ovo integral líquido (pH 7,4), e atinge para a gema (pH 6,2) metade do valor encontrado para o ovo integral líquido.

A extensão da inativação enzimática que pode ocorrer nos produtos de ovo, com a pasteurização, foi pesquisada por MURTHY em 1970, pela dosagem da alfa-amilase presente.

A adição de polifosfatos ao albume, previamente à pasteurização, tem ação inibidora sobre os microrganismos, explicada pela sua interação com o cálcio e magnésio da parede celular o que diminui sua resistência ao tratamento térmico. KOHL (1971) pesquisou o efeito desta adição trabalhando com amostras de ovo

integral, cujas cascas foram lavadas com solução sanitária, imersas em álcool a 65%, e secas antes da quebra. As amostras assim preparadas apresentaram 10 bactérias/ml e foram inoculadas com 1×10^6 a 2×10^7 microrganismos/ml, representados por: a) *Salmonella senftenberg* 775W; b) *S. typhimurium* nº 13311; c) *S. derby* nº 6960; d) *S. oranienburg* nº 9239. O inóculo a devido sua alta resistência térmica e os demais por constituírem contaminação frequente do albume. As amostras foram adicionadas de 0,25 até 2,00% de hexametáfosfato de sódio, pH 7,0 até pH 9,8.

Para a pasteurização comercial de produtos de ovo KAUFMAN (1972) apresenta um equipamento construído sem pontos que bloqueiem o escoamento e que permite tempo de retenção uniforme (perfil reto de velocidade). O fluído de teste utilizado foi água e carboximetilcelulose. Este mesmo autor (1972a), publicou uma pesquisa sobre um método de detecção de vazamento na pasteurização de produtos de ovo em trocador de calor de placas.

Ainda, relativamente ao problema de aumentar a eficiência da pasteurização do albume, CHANG (1973) verificou que a adição de polifosfatos tem a vantagem de atuar como restaurador da espuma do albume contaminado com gema, quando este é submetido ao batimento.

A preocupação pela pasteurização dos produtos fluídos de ovo reflete-se no grande número de publicações sobre o assunto. Em 1975 a "INTERNATIONAL ASSOCIATION OF MILK FOOD, AND ENVIRONMENTAL SANITARIANS (IAMFES)" emitiu publicação sobre o padrão sanitário dos trocadores de calor de placas, que são os equipamentos utilizados com maior frequência para esta finalidade.

RESUMO III.4. PASTEURIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

STADELMAN & COTTERILL (1977) fizeram uma revisão sobre a pasteurização do albume, gema e ovo integral líquido, a qual conseguiria reduzir a população microbiana inicial para menos de 1%. São citados os microrganismos mais frequentes na casca do ovo, ressaltando a importância dos coliformes.

WINTER, GRECO & STEWART (1946) estudaram a conservação do ovo integral líquido, em amostras *in natura* e amostras submetidas a tratamento térmico, ficando demonstrada a vantagem da pasteurização para aumentar a vida de estocagem destas últimas amostras.

CLINGER *et alii* (1951) recomendaram a pasteurização diretamente do ovo com casca, devido à contaminação desta.

ROMANOFF & ROMANOFF (1963) consideram a imersão do ovo com casca, em água em ebulição, durante 5 s, como um tratamento adequado para diminuição da contagem bacteriana.

SCALZO *et alii* (1969) estudaram o tempo de residência de produtos de ovo, no tubo de retenção de um trocador de calor de placas.

STADELMAN & COTTERILL (1977) apresentaram as normas de pasteurização de produtos de ovo, segundo as normas recomendadas pelo USDA. Apresentaram também a influência do pH no tempo de pasteurização, sendo a destruição dos diferentes tipos de salmonelas, a 60 graus centígrados, de 13 a 14 vezes maior para o albume (pH 9,0) do que para o ovo integral líquido (pH 7,4), e atinge para a gema (pH 6,2), metade do valor encontrado para o ovo integral líquido.

MURTHY (1970) analisou a extensão da inativação enzimática, que pode ocorrer nos produtos de ovo, em consequência da pasteurização, pela dosagem da alfa-amilase presente nos mesmos.

KOHL (1971) pesquisou o efeito da adição de polifosfatos

ao albume, previamente à secagem, como inibidor do crescimento de microrganismos.

KAUFMAN (1972) apresentou um modelo de trocador de calor, especialmente construído, para a pasteurização de produtos de ovo.

KAUFMAN (1972a) pesquisou um método para detecção de vazamentos dos produtos de ovo, em trocador de calor de placas.

CHANG (1973) verificou que a adição de polifosfatos ao albume, antes da secagem, tem a vantagem adicional de ação restauradora, da espuma deste, quando contaminado com gema.

A IAMFES (1975) emitiu publicação sobre o padrão sanitário dos trocadores de calor de placas, utilizados para pasteurização.

III.5. CONDIÇÕES PARA A SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO

BATE-SMITH, BROOKS & HAWTHORNE (1943) revisaram as técnicas usadas para a secagem por atomização e embalagem do ovo integral em pó considerando: a) condições da secagem sobre a qualidade do ovo integral em pó; b) influência da umidade e temperatura de estocagem na taxa de deterioração do mesmo. Estabelecidos os parâmetros de avaliação de qualidade do ovo integral em pó foram feitos testes de dosagem de umidade, solubilidade, formação de nata (creaming), e aroma, em amostras recolhidas de vários modelos de secadores por atomização, desde modelos de laboratório até os industriais. Nestes experimentos a temperatura do ar de secagem variou de 120 a 165°C e do ar de exaustão de 55 a 85°C. Os resultados mostraram que quando a umidade do produto não foi maior que 4 a 5% e o produto foi protegido de superaquecimento na fase final da secagem, as amostras apresentaram qualidade aceitável. Este teor de umidade foi o encontrado para a maioria das amostras comerciais que foram analisadas, embora fossem encontradas amostras com 2 a 3% de umidade. Para os outros testes aplicados os autores não encontraram resultados compatíveis; o mesmo acontecendo com os testes de dosagem de acidez, extrato etéreo e outros. A importância da redução da glicose na matéria-prima ainda não foi apontado por estes autores.

MAKOWER (1945) pesquisou os valores de pressão de vapor de água, em amostras de ovo integral em pó, com umidade variando de 0,5 a 5,5%. Estes, foram colocados em gráfico log-log, contra os valores de pressão do vapor de água saturado, dentro de faixas escolhidas de temperatura; a tangente das curvas obtidas forneceu a relação entre o calor de adsorção da água pelo ovo integral em pó e o calor de condensação (evaporação) da água, Figura IIIa. Esta relação aumentou, aproximadamente, de 1,11 para 1,41 quando a umidade do ovo integral em pó decresceu de 5,5 para cerca de 1,5%, mostrando

que o calor necessário para evaporação da água no ovo integral em pó, com 1,5% de umidade, é 30% maior que para 5,5% de umidade.

Tendo MAKOWER assumido que a maior parte da água adsorvida pelo ovo integral em pó fica na fração proteica e aplicando a teoria de BRUNAUER, EMMETT & TELLER, verificou que 3,5g de água são adsorvidos na primeira camada da superfície proteica para cada 100g de produto desidratado. Outros autores encontraram o valor de 6,0g para a albumina do ovo e também para outras proteínas isoladas. A relação entre os dois valores daria como resultado 58% de proteínas para o ovo integral em pó contra 51 a 52% acusados pelas dosagens químicas. Segundo o autor esta discrepância poderia ser explicada pela adsorção de água também efetuada pelos fosfolipídeos do ovo integral.

Junto ao "Coordinated Dried Egg Research", programa estabelecido nos EUA (1943), GREENE *et alii* (1948), pesquisaram a obtenção do pó com teor de umidade menor que 2%, operando com três modelos diferentes de secadores por atomização, todos com capacidade industrial. Usando o método de MAKOWER & MYERS, "Proc. Int. Fd. Technol (1943)", construíram as curvas de pressão de vapor de água do ovo com variação de temperatura, para valores de umidade de 0,5 a 5,5% (Figura IIIb). Nelas observa-se que o ovo integral em pó com 2% de umidade tem pressão de vapor de 25mmHg ao redor de 75°C; a pressão de vapor de água no ar de exaustão dos secadores utilizados foi de 52 a 75mmHg para a mesma temperatura. Para solucionar este impasse, e com o intuito de não elevar a temperatura do ar de exaustão dos secadores e nem aumentar a vazão do ar de secagem demasiadamente, o recurso adotado foi o do emprego de um segundo secador tipo "Flash", acoplado ao primeiro. Este, operando com ar de secagem, cuja pressão de vapor de água era ao redor de 15mmHg, podia ter o ar de secagem aquecido à temperatura inferior a 77°C. Para

o resfriamento do pó na saída do secador houve necessidade de utilizar ar desumidificado, pois o produto com 2% de umidade e temperatura de cerca de 25°C tem pressão de vapor de água muito baixa. Para obter ovo integral em pó com aproximadamente 1% de umidade houve necessidade de mais de uma passagem do pó pelo segundo secador e os resultados das dosagens feitas nessas amostras mostrou nível de qualidade inferior às que tinham 2% de umidade.

BELCHER, SMITH & COOK (1963) fizeram uma revisão sobre os princípios e aplicações dos secadores por atomização, enfatizando os fatores necessários para a consecução da operação de secagem. Estes consideraram que a maioria dos secadores industriais deste tipo efetua a secagem das gotículas em 5 a 30 s. Das propriedades do produto as mais consideradas são:

- a) densidade;
- b) umidade;
- c) tamanho da partícula;
- d) deslizamento; e
- e) facilidade de ressuspensão ou reidratação.

O tamanho da partícula varia com o grau de atomização, porcentagem de sólidos na alimentação e tendência de expansão ou aglomeração das partículas. O modelo de escoamento ar/partícula influi grandemente na densidade e tamanho da partícula; quando, devido à evaporação há tendência de formação de uma película impermeável sobre a gotícula, a pressão do vapor gerado internamente promove sua expansão até a ruptura. Esta condição é favorecida pelo escoamento co-corrente pois, no modelo contracorrente há retardamento de formação de película na superfície da gotícula e sua expansão é reduzida. Segundo os autores, geralmente quando uma solução alimenta o secador o produto obtido tem a forma de contas ocas e quando a alimentação é pastosa há produção de esferas sólidas. As propriedades

de importância da matéria-prima para a secagem, além da capacidade de formação de filme impermeável, são:

- a) viscosidade;
- b) tensão superficial;
- c) porcentagem de sólidos; e
- d) conteúdo de gás.

O controle operacional da secagem pode ser exercido pelo ajuste do tamanho das gotículas (grau e tipo de atomização), taxa de escoamento, temperatura e umidade do ar de secagem. Os autores também citaram que a umidade do produto final vai depender da taxa de evaporação e da umidade total da alimentação, (livre e interna ou ligada por pontes de hidrogênio ou aos grupos iônicos). Durante a secagem enquanto a umidade difunde facilmente para a superfície da partícula o calor sensível que o ar de secagem fornece é igual ao calor latente de evaporação, e a temperatura da partícula é aproximadamente igual à temperatura de bulbo úmido do ar. Quando esta condição não é mais mantida a temperatura da partícula tem de aumentar para que aumente a pressão interna de vapor e a umidade migre para a superfície. A remoção da umidade ligada vai requerer um aumento adicional da temperatura da partícula, procedimento este que geralmente é evitado.

Um extenso trabalho sobre a utilização de diferentes modelos de secadores por atomização e suas aplicações, estudo do perfil de escoamento do ar de secagem, contato ar/atomizado e tempo de evaporação é apresentado por MASTERS (1968).

A exemplo do que foi citado por MACDONNELI *et alii* (1954) e GAUVIN & KATTA (1976), LABUZA (1968) enfatiza a importância do estudo dos fenômenos de adsorção e desorção de água em alimentos.

Usando o "Vacuum Differential Scanning Calorimeter" BEGTEL *et alii* (1971) determinaram a porcentagem de água ligada em vários

alimentos e verificaram que, para o ovo integral em pó liofilizado, esta variava com a porcentagem inicial de água total do produto.

MASTERS (1972) apresenta uma compilação sobre as pesquisas para operação e aplicação dos secadores por atomização.

ADE-JOHN & JEFFREYS (1978) construíram um secador por atomização de material transparente, com 1,22m de diâmetro e 3,64m de altura, para visualizar o modelo de escoamento contracorrente ar/atomizado durante a secagem. Usaram vazões de 900 a 1800m³/h de ar e 5,4 e 12,6ℓ/h para a limentação de água e lama de carbonato de sódio, através de dois bocais de pressão, colocados na parte superior da câmara. Pela injeção de gás traçador na câmara foram visualizadas quatro zonas:

- a) uma zona de turbulência ao redor da entrada de ar, ocupando toda a base da câmara;
- b) uma segunda zona de turbulência na região dos bocais de pressão;
- c) entre as duas zonas citadas uma zona cilíndrica com escoamento tipo perfil reto;
- d) uma região de estagnação, rente as paredes, e que não contribui para a secagem.

O volume das zonas a, b e c variava com a vazão do ar e a espessura da camada de estagnação decrescia com o aumento da vazão da alimentação e do ar. O tempo de residência e a distribuição de tamanho das gotículas aumentava com o aumento da vazão de ar. Para gotículas da ordem de 0,1mm o tempo de residência seria de 25 s para a água e menor para a lama de carbonato de sódio, na zona cilíndrica. O tempo médio de residência encontrado foi de 1,0 minutos para a água e valor maior para a lama, o que foi atribuído à acentuada tixotropia desta.

Esquemas de conjuntos de equipamentos para secagem por atomização são mostrados por MASTERS (1980), para obtenção de produtos

desidratados com aglomeração das partículas visando melhor deslizamento do pó e maior dispersão na reconstituição do produto original.

Neste trabalho são citadas as vantagens do uso de atomizador rotativo sobre os bocais de pressão para atomização da alimentação. O autor considerou o atomizador rotativo como o fator decisivo para a distribuição uniforme do tamanho das partículas. O primeiro fornece partículas de 70 a 110 μ de diâmetro, enquanto os bocais fornecem partículas com diâmetros de 180 a 250 μ . A temperatura indicada de saída do produto da câmara de secagem, é da ordem de 25 a 30°C abaixo da temperatura do ar de secagem. Segundo o mesmo autor, a densidade do produto é afetada pelas seguintes condições:

- a) a densidade aumenta com o aumento da umidade e conteúdo de sólidos da alimentação;
- b) a densidade decresce com o aumento da temperatura da alimentação; mas quando esta é desaerada e pré-aquecida obtem-se efeito oposto;
- c) a densidade aumenta com o resfriamento do pó;
- d) a densidade aumenta com a maior distribuição do tamanho das partículas porque os poros entre as partículas maiores são facilmente preenchidos pelas partículas menores;
- e) valores maiores de densidade são obtidos pela atomização da alimentação na forma de suspensão que na de solução;
- f) a densidade diminui com o aumento da temperatura do ar de secagem;
- g) a diminuição da temperatura de saída aumenta a densidade do produto, devido ao aumento do conteúdo de umidade;
- h) a opção do modelo de contato ar/atomizado, tipo de atomizador e local de adaptação, mesmo no projeto do secador, também afetam a densidade do produto.

RESUMO III.5. CONDIÇÕES PARA A SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO

BATE-SMITH, BROOKS & HAWTHORNE (1943) revisaram as técnicas usadas para a secagem por atomização e embalagem do ovo integral em pó. Avaliaram a qualidade do produto obtido por meio da dosagem de umidade, solubilidade, formação de nata ("cream ming"), e aroma.

MAKOWER (1945) pesquisou os valores da pressão de vapor de água, em amostras de ovo integral em pó, visando estabelecer o limite de umidade que poderia ser obtido na secagem por atomização.

MACDONNELI (1954) relatou a importância dos fenômenos de adsorção de água nos alimentos desidratados.

GREENE *et alii* (1948) estudaram a viabilidade da obtenção do ovo integral em pó com menos de 2% de umidade, e concluíram que haveria necessidade de acoplar um segundo secador ao secador por atomização.

BELCHER, SMITH & COOK (1963) revisaram os princípios e aplicações dos secadores por atomização, considerando que, na maioria destes equipamentos, a secagem é efetuada em 5 a 30 s. Citaram as propriedades da matéria-prima que são importantes para a operação de secagem.

LABUZA (1968) também enfatizou a importância dos fenômenos de adsorção e desorção de água nos alimentos.

BECHTEL *et alii* (1971) determinaram a porcentagem de água ligada encontrada no ovo integral em pó, obtido por liofilização.

MATERS (1972) fez uma compilação das pesquisas desenvolvidas para a aplicação e operação dos secadores por atomização.

ADE-JOHN & JEFFREYS (1978) construíram um secador com câmara de secagem transparente, para visualizar o modelo de escoamento

contra-corrente ar/atomizado.

MASTERS (1980) apresentou esquemas de conjuntos de equipamentos para secagem por atomização, visando melhorar o deslizamento do pó obtido através da aglomeração das partículas. Considerou o emprego do atomizador rotativo mais vantajoso que o de bocais.

III.6. PROJETO E ECONOMIA DOS SECADORES POR ATOMIZAÇÃO

A introdução dos secadores por atomização na Indústria Química foi feita somente há três ou quatro décadas, após o que acentuou-se o desenvolvimento das pesquisas para a aplicação de projetos visando maior eficiência e economia de operação, em função da grande diversidade de produtos que, gradualmente, foram sendo envolvidos, BELCHER, SMITH & COOK (1963). Algumas das vantagens do emprego destes secadores para a obtenção de produtos desidratados são:

- a) há uma única etapa da alimentação líquida até o produto desidratado;
- b) baixo custo de manutenção - são poucas as partes móveis;
- c) mão-de-obra pequena, mesmo em grandes instalações;
- d) geralmente a evaporação é feita sob ligeiro vácuo o que mantém limpo o secador e a área de secagem;
- e) nos modelos de escoamento cocorrente a temperatura mantém-se alta apenas na região de entrada do ar de secagem; a rápida evaporação resfria o ar a uma temperatura próxima da de saída, à pequena distância da região de atomização;
- f) as partículas de pó são geralmente esféricas com pequena produção de finos;
- g) a qualidade do material é bastante preservada, devido à rapidez da secagem e especialmente usando o modelo de escoamento cocorrente;
- h) um secador projetado para um produto específico pode ser facilmente adaptado para um grande número de outros produtos;
- i) o controle das variáveis de operação: vazão do ar de secagem e da alimentação, temperatura e secagem e alimentação podem ser controlados para obter o desejado tamanho de partícula e densidade do pó;
- j) início e fim de operação rápidos.

BELCHER, SMITH & COOK (1963a) apresentaram um estudo sobre o custo de material auxiliar e mão-de-obra necessários à secagem por atomização, aplicando uma porcentagem do custo do equipamento instalado para englobar a amortização, juros, impostos, retorno de investimento, valor residual, e outros itens. O exemplo de avaliação seguido é mostrado na Tabela VII, evidenciando que o menor custo de produção será dado pelo maior volume de produção. Este cálculo foi aconselhado para uma rápida avaliação inicial da viabilidade econômica do projeto, sendo necessário um estudo completo de aplicação para o produto específico na obtenção do custo global. Os autores consideram que o material da câmara de secagem, os componentes complementares do conjunto (coletores de pó, aquecedores do ar, etc.), e a vazão do ar de secagem, determinam primariamente o investimento necessário. O tempo de retenção do produto (5 a 30 s), e a vazão do ar fornecem o volume necessário da câmara, que é um componente importante do investimento. Consideraram ainda que, as propriedades específicas do produto, especialmente o tamanho da partícula, podem afetar o projeto e o custo da câmara e que a capacidade evaporativa do secador é determinada pela vazão do ar, sua temperatura e umidade. Segundo os autores, para que a secagem das partículas seja uniforme a atomização deve fornecer gotículas com distribuição de tamanho também uniforme. O tempo de secagem pode ser afetado pelo modelo utilizado de escoamento ar/partícula: contracorrente, cocorrente e misto. O modelo de escoamento mais usado para alimentos é o cocorrente, que tem a vantagem de necessitar de câmaras com construção mais simples, e ser adaptável a maior gama de produtos. A entrada turbulenta do ar de secagem na câmara ocasiona a queda das partículas em espiral; sem esta turbulência a queda das partículas será paralela ao eixo da câmara, exigindo maior altura das mesmas, como as que são usadas para obtenção do café solúvel.

O aumento de rendimento térmico do secador usando o ar de

secagem com temperatura mais alta, foi mostrada em publicação de PI LEGAARD-HANSEN (1964). Este autor também considerou que o aproveitamento da entalpia do ar de exaustão do secador, para o pré-aquecimento do ar de entrada, poderia levar à economia de até 20% do combustível utilizado.

TSARIKOV *et alii* (1979) recomendaram o uso de temperaturas ao redor de 200°C (mais elevadas do que as citadas na literatura), para a secagem do ovo integral em pó, visando aumentar o rendimento térmico do secador por atomização.

REAGAN & DAWSON (1970) usaram o "COULTER COUNTER" para a determinação do tamanho das partículas do ovo integral em pó obtidas em secador por atomização horizontal, munido de um bocal de pressão de 0,036 polegadas de diâmetro e com injeção de nitrogênio. Foram obtidos os seguintes resultados:

Diâmetro da Partícula (μm)	Distribuição (%)
menor que 30	12
entre 30 e 60	70
entre 60 e 89	18

A pressão manométrica da linha de alimentação foi de 170kg/cm². Não foram encontradas partículas com diâmetro maior que 90 μm , em de sacordo com os dados que se referem a valores de 7 até 120 μm , citados por LIGHTBODY & FEVOLD (1948).

Em 1971 LYNE, apresentou uma publicação na qual considerou que o investimento para o secador por atomização é relativamente alto quando comparado com outros tipos de secadores contínuos, mas que a diferença torna-se menos marcante com o aumento da capacidade da planta de secagem. Segundo o autor a economia devida à mão-de-obra deve ser colocada contra o maior gasto de combustível e energia elétrica,

e o aquecimento do ar de secagem através de queima direta de gás combustível seria o mais vantajoso. Este procedimento, que não afetaria a maioria dos produtos alimentícios, permite a obtenção de temperaturas mais elevadas do que as alcançadas com vapor da água a baixa pressão. O autor considerou econômico o uso de bocais de pressão para pressões de trabalho até 14atm e alimentação não abrasiva; em caso contrário seriam necessárias bombas especiais, de custo elevado, o que justificaria a escolha do atomizador rotativo para a atomização da alimentação. As curvas apresentadas dos resultados encontrados são as seguintes:

- a) efeito da concentração da alimentação na evaporação específica;
- b) efeito das condições de operação na eficiência térmica ideal;
- c) relação entre o diâmetro da câmara e o custo de instalação da planta;
- d) efeito das condições de operação no tamanho da câmara de secagem;
- e) custos de operação em função da taxa de evaporação;

e apresentados na Figura IV. Foram baseados nos seguintes dados:

- operação 700 h/a
- combustível 1 £/1 milhão kcal
- energia 5,5 £/1000 kW
- depreciação 10%/a
- juros do investimento .. 10%/a
- mão-de-obra 2000 £/a/turno/homem
- manutenção 2% do investimento

Para projetar o tamanho das câmaras de secagem e o estudo do processo, PARTI & PALANCZ (1974) estabeleceram correlações, através de método numérico, nas seguintes condições específicas de operação:

- a) a velocidade da partícula era paralela ao eixo do equipamento;
- b) todas as partículas tinham o mesmo diâmetro;
- c) só havia evaporação na superfície da partícula.

Para projetar secadores por atomização usando bocal de pressão GAUVIN & KATTA (1976) elaboraram um método, conhecendo:

- a) do produto - a taxa de produção, umidade residual, a distribuição do tamanho das partículas e sua densidade;
- b) da alimentação - as propriedades físicas e químicas para estabelecer uma carta psicrométrica.

As outras especificações necessárias foram estabelecidas em secadores de pequena escala. O critério usado para o projeto foi o de que a maior gotícula do atomizado inicial ficasse seca, ou que tivesse um conteúdo de umidade residual que não permitisse sua aderência à parede da câmara. A determinação da trajetória das partículas (Figura Va.1) e sua distribuição de tamanho são fatores importantes; a porcentagem de volume cumulativo foi fornecido pelo fabricante do bocal. Da Figura Va.2, o diâmetro da maior partícula foi obtido por tentativa e erro. A Figura Va.3 mostra a variação do tempo de secagem com o diâmetro da partícula. O comportamento de outras variáveis é mostrado na Figura Vb. Estes autores consideraram que a carga de gotículas, ou partículas, no ar de secagem é muito baixa para influenciar o seu escoamento. O experimento base foi feito com solução aquosa de nitrato de sódio 30%, alimentação de 1000kg/h, pressão de 1000 psia e atomização com bocal de pressão com diâmetro de 0,476mm. A vazão do ar foi de 9,247kg/s e temperatura de entrada na câmara de 377°C e 60°C de bulbo úmido. Considerando perdas de calor de 20%, a eficiência térmica calculada foi de 48%, que os autores consideraram como definida pela relação entre o calor usado na evaporação e o calor total disponível:

$$E = W_{ev} \Delta H_{Tbu} / [G (T_{ae} - T_{bu}) C_{p_{ae}} + F (T_F - T_{bu}) C_{p_F}] \quad [IV.6-1]$$

HOLLAND & McCANN (1980) identificaram e quantificaram as perdas de calor num secador por atomização, numa planta de secagem de leite, através de balanços de massa e energia. As perdas encontradas foram:

- a) devidas a entalpia do ar de exaustão da câmara;
- b) por convecção, em todas as superfícies do conjunto de secagem;

no primeiro caso foi sugerida a instalação de um trocador de calor, para o pré-aquecimento do ar de entrada com o ar de exaustão, e no segundo caso o isolamento das superfícies aquecidas. O balanço econômico, nos dois casos, é mostrado nas Tabelas VIIIa e VIIIb.

RESUMO III.6. PROJETO E ECONOMIA DOS SECADORES POR ATOMIZAÇÃO

BELCHER, SMITH & COOK (1963) discorreram sobre o desenvolvimento de projetos para maior eficiência e economia de operação dos secadores por atomização, que surgiram somente após muito tempo de seu uso.

BELCHER, SMITH & COOK (1963a) estudaram o custo de material auxiliar e mão-de-obra, empregados nesta secagem.

PILEGARD-HANSEN (1964) mostrou que o rendimento térmico do secador por atomização é aumentado utilizando o ar de secagem com temperaturas elevadas.

REAGAN & DAWSON (1970) utilizaram um COULTER COUNTER, para a determinação do diâmetro das partículas de ovo em pó, encontrando valores de 30 até 89 μ m.

LYNE (1971) apresentou, graficamente, o estudo de vários parâmetros de secagem por atomização, considerando que o investimento inicial é elevado, comparativamente a outros tipos de secadores; esta diferença diminui com o aumento da capacidade da planta de secagem.

PARTI & PALANCZ (1974) estabeleceram correlações para projetar o tamanho das câmaras de secagem e o estudo do processo.

GAUVIN & KATTA (1976) estudaram um método para projetar secadores por atomização, com bocal de pressão, usando o critério de que a maior partícula do atomizado ficasse seca, antes de atingir a parede da câmara. Apresentaram uma relação para o cálculo da eficiência do secador.

TSARIKOV *et alii* (1979) recomendaram o uso de temperaturas mais elevadas na secagem do ovo em pó, para melhorar o rendimento térmico do secador.

HOLLAND & McCANN (1980) identificaram e quantificaram as perdas de calor num secador por atomização de uma planta de secagem de leite. Para economia de energia sugeriram o uso de um trocador de calor, para o pré-aquecimento do ar de secagem com o ar de exaustão, e o isolamento das superfícies aquecidas do secador.

III.7. COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DA MATÉRIA-PRIMA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS PRODUTOS DESIDRATADOS

Segundo STADELMAN & COTTERILL (1977), o processamento indispensável para a obtenção dos produtos desidratados de ovo, e a sua subsequente estocagem, afeta em alguma extensão as qualidas da matéria-prima. Estas mocificações são aparentemente químicas em sua natureza, e sua importância reflete-se nas propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais, como alterações do componentes nutricionais, batimento, emulsificação, coagulação, aroma, cor e outros.

A Tabela IX relaciona algumas destas propriedades funcionais, com seu agente principal, efeito e sua medida (STADELMAN & COTTERILL, 1977).

As Tabelas Xa e Xb mostram alguns fatores prejudiciais e alguns fatores auxiliares destas propriedades, para a secagem (STADELMAN & CORRERILL, 1977).

A Tabela XI apresenta a composição dos nutrientes do ovo integral em pó (COTTERILL, GLAUERT & FRONNING, 1978).

Em 1947, DAWSON, WOOD & McNALLY estudaram o efeito da adição de carboidratos no ovo integral líquido, destinado à secagem e estocagem. Durante o armazenamento houve aparecimento de cor marrom, odor desagradável e perda de solubilidade do ovo integral em pó. Os melhores tratamentos foram os obtidos com adição de sacarose e lactose, na concentração de 10%, ao ovo integral líquido.

CLINGER *et alii* (1951), em experimentos para desidratação do albume empregaram luz infravermelha, (40°C), na fase inicial da secagem, e corrente de ar a 28°C, na fase final. Os autores não observaram influência da temperatura de armazenamento sobre o odor do pó.

Em 1952, BERQUIST & STEWART pesquisaram o efeito da formação de superfície e cisalhamento, durante a atomização do albume. Examinando várias amostras comerciais encontraram um diâmetro médio de 44µm para as partículas e ligeira tendência à aglomeração das mesmas. Observaram também que o diâmetro das gotículas sofreu redução de 25%, durante a secagem. Foi reconhecido o papel predominante do cisalhamento na redução de batimento do albume.

O fracionamento proteico do albume foi estudado por MacDONNELLI *et alii* (1954), que verificaram que globulinas são altamente promotoras de espuma e a ovomucina age na estabilização da mesma.

O complexo ovomucina-lisozima, formado durante a pasteurização do albume, foi visto por GARIBALDI *et alii* (1968), como um agregado ou rede de desnaturação irreversível. A reação de formação é de primeira ordem, tanto em relação a lisozima quanto a ovomucina. O prejuízo causado pela formação deste complexo refletiu-se na perda de estabilidade mecânica da espuma formada. A complexação é mínima em pH neutro. O citrato e o fosfato de trietila adicionados ao albume compensam a perda da ovomucina e lisozima complexadas mas não reverterem a reação processada.

STADELMAN & COTTERILL (1977) mostraram que com o batimento as proteínas do albume criam extensas superfícies e, seu desdobramento e espalhamento ocorre na interface líquido/ar; a superfície desdobrada da proteína fica desnaturada, formando uma estrutura relativamente estável.

Durante a secagem, com o bombeamento e a atomização, o albume sofre a ação de forças de cisalhamento e de formação de novas superfícies. A extensão da nova área formada vai depender do tamanho das partículas, e é mostrada na Figura VI. Nenhum efeito adverso é notado enquanto a extensão da área formada estiver acima de 4000cm²/cm³, o que equivale a um partícula de diâmetro médio de 15µm.

Segundo os mesmos autores após a secagem o albume tolera temperaturas mais elevadas, como 71°C/8h ou 99°C/1h, tratamentos estes que podem ser efetuados para a redução de microrganismos sobreviventes.

Inúmeros compostos químicos são habitualmente adicionados aos produtos líquidos de ovo antes da secagem para preservar suas propriedades, HOLDSWORTH (1971a).

CHANG (1973) estudou a influência da adição de polifosfatos ao albume sobre o batimento, e o volume do bolo de anjo obtido com o mesmo. A secagem do albume sem contaminação de gema, foi feita com atomização por atomizador rotativo, e a do albume contaminado por bocal de dois fluidos, ambos com redução enzimática da glicose presente nas amostras. Na medida da altura do bolo obtido com estas amostras, que haviam sido adicionadas de fosfato, pirofosfato e tripolifosfato de sódio, o rendimento foi melhor que a amostra *in natura*. O autor verificou, através de cromatografia de troca iônica, a presença de apenas dois dos três componentes da lisozima que são habitualmente encontrados. Este fato foi considerado como significativo de que haveria complexação dos lipídeos da gema com o componente ausente da lisozima, o que explicaria seu desaparecimento. O tratamento térmico de secagem dissociaria este complexo o que justificaria a ação mais prejudicial da contaminação de gema sobre a propriedade de batimento do albume *in natura* do que quando este é reidratado. O efeito dos polifosfatos sobre o albume contaminado com gema decorre da interação estável da lisozima com o ion polifosfato.

PARKINSON (1975) estudando o fracionamento das proteínas do ovo por diálise encontrou diferentes proporções de uma fração insolúvel em amostras pasteurizadas, liofilizadas e desidratadas por atomização, e que foram maiores que as encontradas em amostras que não foram submetidas a nenhum destes tratamentos.

A cor da gema, atributo natural, variável com o tipo e quantidade de xantofilas presentes na alimentação da ave, é também considerado um fator de qualidade da matéria-prima a ser observado nos produtos desidratados. A xantofila geralmente encontrada em maior quantidade na alimentação das aves é a luteína, proveniente do milho.

PHILIP, WEBER & BERRY (1976) estabeleceram um método para medida da cor da gema e produtos que a contenham, usando o colorímetro "HUNTER D 25 COLOR AND COLOR DIFFERENCE METER", comparativamente ao método visual feito com o "ROCHE YOLK COLOR FAN".

Segundo STADEMAN & COTTERILL (1977) a presença de gema nos produtos de ovo, como componente natural ou contaminante, é causa de perda de qualidade dos produtos, devido à quebra das gotículas da gordura existente, que está finalmente emulsificada, durante o processamento destes produtos. Estas gotículas passam a apresentar-se como gordura livre, coalescida. Este efeito pode ser atenuado pela adição de carboidratos ao líquido antes da secagem. Esta variação de estrutura das lipoproteínas também afeta a viscosidade dos produtos reconstituídos, cujo aumento é indicativo de tratamento térmico severo até a secagem, ou o uso de temperaturas inadequadas de armazenamento, como 30 e 35°C. Os sólidos do ovo integral tem cerca de 45% de lipoproteínas e a gema tem 60%, cuja composição é a seguinte:

- glicerídeos 62%
- fosfolipídeos 33%
- colesterol 5%

Os folipídeos apresentam:

- lecetina 73%
- cefalina 15%

A taxa de oxidação da cefalina é cem vezes maior que a da lecitina. Os fosfolipídeos apresentam-se ligados com água, e quando esta é re movida pela secagem o seu equilíbrio é alterado.

LIEU, FONNING & DAM (1978) consideraram que o maior enfoque dado aos lipídeos deve-se ao fato de apresentarem várias reações de deteriorização, como rancidificação hidrolítica, auto-oxidação de constituintes de ácidos graxos insaturados e escurecimentos lipídico. Usaram amostras que foram armazenadas por três e seis meses com temperatura variando de 1,4, 12,8, 23,9 e 35,0°C constituídas por ovo integral, gema e gema adicionada de 1,8% de silicoaluminato de sódio. As amostras reconstituídas mostraram aumento de visco sidade, proporcional às temperaturas mais elevadas do armazenamento, que foi mais pronunciado nos dois tipos de gema; diminuição da es tabilidade da emulsão formada (teste de maionese), e cor mais acen tuada. O conteúdo de cefalina decresceu mais rapidamente nas amos tras de ovo integral do que nas de gema, a lecitina não sofreu va riação perceptível e também a composição dos ácidos graxos. As amos tras usadas eram de procedência comercial, sem referências ao pro cessamento.

PALMER, IJICHI & ROFF (1970) estudaram a gelatinização da gema após o congelamento e mostraram que esta pode ser evitada com:

- a) adição de 10% de açúcar, ou
- b) adição de 10% de sal, ou
- c) tratamento térmico após o descongelamento (45°C/2h).

O tratamento **c** aplicado aos casos **a** e **b** também reduz a viscosidade da gema e aumenta seu desempenho no batimento. Os autores admiti ram a possibilidade de novas interações moleculares provocadas pe la diminuição de energia cinética, devido ao abaixamento da tempe ratura. Com o descongelamento, o nível anterior de energia não se ria atingido sendo insuficiente para quebrar estas interações, o

que só seria conseguido com o tratamento térmico de 45°C/lh.

As lipoproteínas do ovo integral foram separadas por HORN (1977), em duas frações, uma de baixa e outra de alta densidade; a primeira influi no rendimento do batimento e a segunda fração na estabilidade da espuma durante o processamento restante do produto.

Há muito tempo, a oxidação dos lipídeos, pigmentos e desnaturação proteica do ovo integral em pó eram conhecidos; diversas pesquisas mostraram que da etanolamina, constituinte nitrogenado da cefalina, e acetaldeído resultava um produto marrom, com propriedades de adsorção semelhantes às da cefalina-aldeído e do material que é separado do ovo integral em pó, por extração com éter, (LIGHTBODY & FEVOLD, 1948). A formação de um produto de reação lipídeo-amina-aldeído implicaria em oxidação, desde que os aldeídos desenvolvem-se na quebra oxidativa das gorduras. Estes autores indicaram que há boa correlação entre a fluorescência da fração lipídica e a palatabilidade dos produtos desidratados do ovo. Outro problema da matéria-prima, enfocado pelos autores acima citados, é a presença de grande número de enzimas em ovos não incubados, como:

- lisozima
- catalase
- histozima
- hipurícase
- lipase
- lecitinase
- colinesterase
- procainesterase
- carotenase
- ovomucosidade
- dopa oxidase
- amilase e proteases

Eles observaram ainda que a manutenção de propriedades dos produtos desidratados de ovo é conseguida durante a estocagem observando as condições:

- a) redução da glicose livre;
- b) ajuste do pH para 6,0 com a adição de ácido lático;
- c) adição de carboidratos previamente à secagem.

Os autores consideraram ainda que as pesquisas existentes mostraram que

todas as reações que se processam nos produtos de ovo levando à perda de qualidade dos produtos desidratados passam por análise e avaliações que dificilmente podem ser comparadas, devido às diferentes condições de preparação e secagem das amostras; em alguns casos estas nem são referidas.

JOHNSON & ZABIK (1981) ainda estudando a propriedade de formação de espuma pelo albume, isolaram as proteínas: ovomucina, ovomucóide, lisozima, conalbumina e globulinas. Usando um processo de recombinação destas proteínas verificaram que a mais alta capacidade de formação de espuma é das globulinas, provavelmente devido a sua capacidade de baixar a tensão superficial do albume. A ovomucina, pela sua capacidade de aumentar a viscosidade do albume é primariamente a proteína que facilita a formação da espuma.

RESUMO III.7. COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DA MATÉRIA-PRIMA
E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS PRODUTOS
DESIDRATADOS

COTTERILL, GLAUERT & FRONNING (1978) apresentaram uma tabela com a composição dos nutrientes do ovo integral em pó.

DAWSON, WOOD & McNALLY (1947) estudaram o efeito da adição de carboidratos no ovo integral líquido, para diminuir a perda de qualidade na estocagem do pó.

CLIGER *et alii* (1951) efetuaram uma secagem de albume, em temperatura inferior a 40°C, e não observaram influência da temperatura de estocagem sobre o odor do pó.

BERQUIST & STEWART (1952) estudaram o efeito da formação de superfície e do cisalhamento, na atomização do albume, e observaram que o cisalhamento ocorrido afetava negativamente o batimento do albume reconstituído.

MACDONNELLI *et alii* (1954) após conseguir a separação das proteínas do albume, verificaram que as globulinas são as proteínas promotoras da espuma, e a ovomicina atua na sua estabilização.

GARIBALDI *et alii* (1968) consideraram como irreversível a desnaturação do complexo ovomucina-lisozima, formado na pausterização do albume.

STADELMAN & COTTERILL (1977) apresentaram extensa consideração sobre as propriedades do albume e as condições para a formação de novas superfícies.

HOLDSWORTH (1971a) enumerou os compostos químicos (aditivos), que são, habitualmente, empregados antes da secagem, para preservar as propriedades dos produtos de ovo.

CHANG (1973), neste sentido, estudou a atuação dos polifosfatos

adicionados ao albume.

PARKINSON (1975) estudou o fracionamento das proteínas do ovo integral e encontrou uma fração insolúvel, em amostras liofilizadas e desidratadas, em maior proporção do que as encontradas em amostras sem tratamento.

PHILIP, WEBER & BERRY (1976) estabeleceram um método para medida da cor da gema e produtos de ovo com gema. Embora a cor da gema varie com a alimentação da ave, foi considerada como um atributo de qualidade.

STADELMAN & COTTERILL (1977) apresentaram considerações sobre a quebra de gotículas de gordura emulsionada, durante o processamento dos produtos de ovo que contém gema.

LIEU, FRONNING & DAM (1978) consideraram o fato de que os lipídeos do ovo podem apresentar várias reações de deterioração, como rancidificação hidrolítica, auto-oxidação de constituintes de ácidos graxos insaturados, e escurecimento lipídico.

PALMER, IJICHI & ROFF (1970) estudaram métodos para evitar a gelatinização da gema, após o congelamento, com adição de sal, açúcar e tratamento térmico.

HORN (1977) estudou a separação das lipoproteínas do ovo integral em duas frações, e verificou que a fração de densidade mais baixa influiu no rendimento do batimento, e a fração de densidade mais elevada influiu na estabilidade da espuma.

JOHNSON & ZABIK (1981) isolaram do albume as frações das proteínas: ovomucina, ovomucóide, lisozima, conalbumina e globulinas, e estudaram as suas propriedades.

I V. MATERIAL E MÉTODOS

IV.1. REDUÇÃO DA GLICOSE NO OVO INTEGRAL LÍQUIDO

A. MATERIAL

EQUIPAMENTOS

1. Balança analítica METTLER - LP 11.
2. Colorímetro BAUSCH & LOMB - SPECTRONIC 20.
3. Banho maria termostatzado FANEM LTDA - 100.
4. Batedeira GENERAL ELETRIC.
5. Centrífuga refrigerada SORVAL SUPERSPEED RC2-B.
6. Potenciômetro METROM HERISAU - pHMETER E 516.
7. Cronômetro

MATÉRIA-PRIMA E AUXILIAR

1. Ovos adquiridos em granja, conservados a cerca de 20°C e usados dentro de semana, a partir da data de aquisição.
2. Fermento fresco para panificação.

B. MÉTODOS

1. FERMENTAÇÃO DO OVO INTEGRAL LÍQUIDO

A técnica foi de KLINE & SONODA (1951): uma dúzia de ovos foi quebrada manualmente, e seu conteúdo homogenizado em batedeira, 500rpm/20s. Deste, duas amostras, de 200g cada, foram filtradas em tamis de plástico e adicionadas de 1g levedura commercial previamente misturada com uma parte da amostra. O material foi deixado em banho-maria (bm), a temperatura constante, durante três horas. As amostras foram retiradas a cada trinta minutos.

Foram feitos ensaios com:

- a) variação da temperatura de fermentação de 22 a 32°C;
- b) concentração do inóculo de 0,25 a 0,50%;

→ c) pH inicial das amostras não foi alterado.

2. DOSAGEM DA GLICOSE

Preparação das Amostras

Cada alíquota de 3,0g foi adicionada de cerca de 10ml de água destilada e 25ml de solução 30% de ácido tricloroacético, seguida de cuidadosa agitação, e o volume completado para 100ml com água. Após 30min. de repouso foi centrifugado, 10000rpm/5min., e filtrado; deste foram retiradas alíquotas para a dosagem colorimétrica da glicose.

Dosagem Colorimétrica

A cada 2ml das alíquotas, ou fração deste volume completado com água, foram adicionados 6ml de Reativo de Antrona. Depois de cuidadosa agitação a solução foi deixada 5min em bm a ebulição, seguida de rápido resfriamento, e levada para a leitura no colorímetro (540nm). A concentração de glicose foi conhecida pela comparação com os valores da curva padrão. O reativo foi preparado pela dissolução de 0,2g de antrona em 100ml de ácido sulfúrico concentrado, mantido em geladeira e usado durante três dias

Curva Padrão da Glicose

Apresentada na Figura VII. Foi preparada uma solução de glicose quimicamente pura, com a concentração de 0,1mg/ml, da qual foram retiradas alíquotas de 1 a 5ml, diluídas para 10ml com água destilada. De cada uma destas diluições foram tomados 2ml para a reação colorimétrica, seguindo o procedimento já descrito.

IV.2. SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DE ALBUME, GEMA E OVO INTEGRAL LÍQUIDO

A. MATERIAL

EQUIPAMENTOS

1. Secador por atomização NIRO ATOMIZER-MINOR, com acessórios (Figura VIIIa e VIIIb).
2. Separador STERLING-POWER SYSTEM, INC. Speed Control.
3. Depósitos de 100ℓ de aço inox.
4. Psicrômetro OWO - SUISSE 564.
5. Potenciômetro CROYDON PRECISION INSTRUMENT Co.
6. Balanças, idem 1.A.1 e METTLER P1210N.
7. Tamis de plástico, malha de cerca de 1mm.

A.1. SECADOR POR ATOMIZAÇÃO

Construído de aço inox 316. O conjunto consta de:

Câmara de Secagem Vertical - com a parte superior cilíndrica, diâmetro 1320mm e altura 1000mm; a parte inferior é tronco cônica, altura de 820mm, e diâmetro inferior de 300mm, ângulo de 60°. O teto tem paredes duplas deixando passagem para o ar de secagem; a abertura de encaixe do atomizador rotativo também serve para a colocação do dispersor de ar quando é feita a montagem para uso do bocal de pressão.

O secador tem disponíveis bocais de pressão SCHLICK KREI SEL-NEBEL, tipo corpo central inserido e fendas longitudinais:

BOCAL Nº	DIÂMETRO DO ORIFÍCIO DE SAÍDA (mm)	ÂNGULO DO CONE DE ATOMIZADO (°)
5	0,50	60 e 100
6	0,60	60 e 100
7	0,70	60 e 100

Conjunto Ventilador e Ciclone - o ventilador é centrífugo, 6400rpm, potência 2 HP e capacidade de 404,5kg ar seco por hora. A medida da vazão do ar de exaustão foi feita segundo técnica de MAS
TERS (1972).

O ciclone tem 300mm de diâmetro.

Queimador para GLP - para aquecimento direto do ar de secagem.

Painel de Controles - com saídas para ligação da bomba de alimentação, ventilador, os interruptores para o atomizador rotativo, o conjunto auxiliar de varredura e indicadores de temperatura de entrada e saída do ar de secagem.

Sensores de Temperatura - de bulbo, para a medida da temperatura de bulbo seco do ar de secagem.

Bomba de Alimentação - positiva, tipo MONO PUMP B, potência de 0,75 HP; permite instalação de manômetro na montagem para uso de bocal de pressão. As curvas de vazão estão na Figura IX.

MATÉRIA-PRIMA

1. Albume, gema e ovo integral líquido, fornecidos por indústria de produtos líquidos de ovo.

B. MÉTODOS

1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

- a) Foram recebidas 16 amostras para secagem:

SIGLA	MATERIAL	NÚMERO	VOLUME (1)
A	Albume	5	18
G	gema	6	6
O	ovo integral líquido	5	18

b) As operações de preparação das amostras.

triagem dos ovos	filtração
sanitização	pasteurização
quebra	condicionamento
separação de albume e gema	estocagem
homogeneização	transporte

foram feitas pela indústria doadora das amostras.

c) As amostras foram recebidas em embalagens de polietileno postas em caixas de isopor, mantendo temperatura de cerca de 5°C, sendo submetidas a secagem no mesmo dia da recepção.

d) Uma amostra de gema não foi pasteurizada, para controle sanitário da planta de obtenção dos produtos líquidos de ovo.

e) Todas as amostras foram novamente filtradas, em tamis de plástico, antes da secagem.

2. SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Experimentos Preliminares

Foram feitos três experimentos preliminares de secagem com ovo integral líquido para avaliar o comportamento da matéria-prima durante a operação. Foram quebrados manualmente vinte dúzias de ovos, para obter cerca de 10ℓ de material, e passados pelo separador com peneira de abertura 0,5mm.

1º Ensaio - Foi usado o atomizador rotativo, havendo obstrução parcial do tubo de distribuição da alimentação ao atomizador. Houve muita aderência de pó na parede e teto da câmara.

2º Ensaio - Atomização com bocal de pressão nº 5/100º. A secagem foi muito lenta e a saída do bocal ficou obstruída rapidamente. A secagem prosseguiu com o bocal nº 6/60 e o cone de atomizado apresentou grande instabilidade; o bocal ficou semi-obstruído.

3º Ensaio - Foi instalado um filtro com malha muito fina na saída da bomba de alimentação, e usado o bocal nº 6/100^o. O ângulo de atomização permaneceu contante e não foram encontrados restos de membrana no bocal. A aderência de grande quantidade de pó nas paredes ainda foi notada.

Técnica Experimental

Com base nas condições de secagem preliminar o ovo integral líquido foram feitos os ensaios com as 16 amostras de albume, gema e ovo integral líquido. Para atomização das amostras foi usado o bocal de pressão nº 6/100^o.

A técnica de operação do secador usado é encontrada com detalhes no catálogo do fabricante. A estabilização do ar de entrada e saída da câmara de secagem foi feita cuidadosamente antes de cada ensaio, consumindo cerca de 60 minutos. Foram anotados os seguintes dados:

- a) do ar ambiente: a temperatura de bulbo seco e úmido;
- b) do ar de secagem: a temperatura de bulbo seco de entrada e exaustão da câmara e também a temperatura de bulbo úmido deste último;
- c) da alimentação: peso das amostras, temperatura, pressão de bombeamento e tempo de secagem;
- d) do produto final: cor, aroma, aspecto de aderência na parede da câmara;
- e) do gás combustível: o consumo aproximado durante os ensaios de secagem do ovo integral líquido;
- f) pressão barométrica durante a secagem.

Obtenção dos Dados - Tabelas XII, XIII e XIV

- a) as temperaturas foram medidas com psicrômetro e calculada a umidade relativa e absoluta do ar ambiente;
- b) inicialmente as temperaturas de bulbo seco foram lidas

- diretamente do painel e a de bulbo úmido medida com termopar de cobre-constantan no ponto contíguo ao do sensor de medida da temperatura de exaustão do ar, mas o rápido acúmulo de pó na junção do termopar implicou em que estas duas temperaturas fossem medidas com termopar após o ciclone;
- c) conhecido o peso das amostras e o tempo de secagem foi calculada a vazão da alimentação, a temperatura foi medida com termômetro de mercúrio e a pressão foi lida diretamente do manômetro da bomba;
- d) o consumo de combustível foi obtido por diferença do peso dos botijões, antes e depois de cada ensaio;
- e) a pressão barométrica foi lida no Barômetro de Fortin da planta piloto.

AMOSTRAGEM DOS PRODUTOS DESIDRATADOS

As amostras de pó foram retiradas do secador com intervalo de 10 a 15 minutos para evitar seu aquecimento excessivo. A duplicata existente dos tanques de recolhimento de produto facilitou a rápida substituição, mas ainda havia ligeira variação da temperatura do ar de secagem. Aproximadamente 50g de pó de cada amostra foram colocados em embalagens de polietileno e reservados para os testes microbiológicos. Cerca de 100g foram reservados para os testes químicos, em frascos âmbar.

IV.3. CONTROLE DOS PRODUTOS DESIDRATADOS

A. CONTROLE MICROBIOLÓGICO

A presença de microrganismos nas amostras de al bume, gema e ovo integral em pó foi testada através dos ensaios de:

- a) contagem total;
- b) contagem de coliformes de origem fecal;
- c) contagem de bolores e leveduras;
- d) presença de *Samonella* sp; e
- e) *Staphylococcus aureus*.

segundo os métodos indicados pela AOAC (1980).

B. CONTROLE QUÍMICO

Para a matéria-prima usada nos experimentos de secagem foram feitas as dosagens de:

- a) sólidos totais, AOAC (1980); e
- b) dosagem de nitrogênio proteico.

Para os produtos desidratados:

- a) proteína solúvel, com a preparação adequada das amostras, HAWTHORNE (1944), e o método de Kjeldahl, AOAC (1980);
- b) Sólidos totais, AOAC (1980).

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

V.1. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS DA REDUÇÃO DE GLICOSE PRESENTE NO OVO INTEGRAL LÍQUIDO

A Tabela XVa apresenta os dados obtidos, nos insaios de laboratório, de redução da glicose no ovo integral líquido, com amostras preparadas em laboratório, sem passar pelas etapas da preparação industrial.

A Figura Xa mostra as curvas resultantes da redução da concentração da glicose e o tempo decorrido de fermentação, mantendo as amostras nas temperaturas de 22 e 26°C, e usando nos ensaios concentração de inóculo de 0,25%.

A Figura Xb apresenta as curvas resultantes da redução da concentração da glicose e o tempo decorrido de fermentação, mantendo as amostras nas temperaturas de 26, 30 e 32°C, e usando a concentração de inóculo de 0,50%.

A concentração inicial de glicose nas amostras variou de 3,12 a 3,43mg/ml.

Da Figura Xb fica evidenciado que o melhor resultado obtido foi o do ensaio no qual foi usada concentração de inóculo de 0,50% e a temperatura mantida em 32°C. Essa Figura mostra que, nos ensaios mantidos a 30 e 32°C, após 120 minutos de fermentação há acentuado decréscimo na redução da glicose. Com a temperatura de 32°C e 120 minutos de fermentação a redução da glicose atingiu 88,32%.

Estes resultados não conflitam com os obtidos por KLINE & SONODA (1951), que obtiveram aproximadamente 95% de redução da glicose do ovo integral líquido, com 180 minutos de fermentação na temperatura de 32°C, e usando 0,50% de concentração de levedura comercial.

A Figura Xc mostra o decréscimo do valor do pH do mosto, durante a fermentação a 32°C e com 0,50% de concentração de inóculo.

Esse decréscimo foi constante em todos estes ensaios, variando do valor inicial médio de 7,45 para 6,7.

Essa variação que resulta de reações secundárias que ocorrem durante a fermentação, com formação de ácidos, possibilita o acompanhamento da redução da glicose de modo prático e econômico. Este fato já havia sido observado por AYRES (1958) durante a fermentação do albume visando a redução da glicose livre.

V.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS EXPERIMENTOS DE SECAGEM

Os valores calculados da umidade relativa e absoluta do ar de secagem, usado nos experimentos, são encontrados na Tabela XII, e os do ar de exaustão do secador na Tabela XIII.

A Figura IX mostra que os valores das pressões utilizadas para atomizar a alimentação de água ao secador, e as vazões correspondentes, não diferem sensivelmente dos valores da Tabela XIV, usadas para albume e ovo integral líquido; as amostras de gema foram diluídas, para possibilitar a atomização.

Os valores de pressão de atomização mostrados estão no limite máximo de trabalho deste modelo de bomba.

Os Apêndice 1 e 2 apresentam os balanços de massa e energia da secagem da amostra do ovo integral líquido do Experimento nº 4. Nesse experimento para uma taxa de água evaporada de 13,01kg/h, a vazão mássica de ar seco foi de 404,5kg/h, fornecendo a relação: 31,09kg a.s./kg ag.ev.

Secadores industriais por atomização, também da "NIRO ATOMIZER", com capacidade evaporativa ao redor de 1000kg/h, e temperatura do ar de secagem ao redor de 200°C, apresentam a relação: 25kg a.s./kg ag.ev.

Os dados das Figuras Va e Vb, foram obtidos com experimentos em um secador com capacidade evaporativa de 2100kg/h, temperatura do ar de secagem ao redor de 380°C, resultando a relação: 16kg ar/kg ag.ev.

GREENE, CONRAD & WAGONER (1948) usaram, na secagem de ovo integral, um secador com capacidade evaporativa de 1200kg/h, e temperatura do ar de secagem ao redor de 180°C, obtendo a relação: 25kg ar/kg ag.ev.

A pressão do vapor de água, calculada para o ar de saída

do secador, nos nossos experimentos, variou de 49,98 a 51,81mm Hg, (Tabela XIII). Esses valores aproximam-se dos valores medidos em secadores industriais, que variavam de 52 a 75mm Hg, citados por MAKOWER (1945).

No início do fenômeno da secagem, enquanto a condição de superfície saturada da gotícula é mantida, a taxa de evaporação é muito alta, a secagem se processa na temperatura de bulbo úmido do ar de exaustão do secador. Quanto a concentração de sólidos da gotíla aumenta suficientemente para permitir a formação de uma crosta superficial, esta impede a migração livre da umidade interna; a taxa de evaporação decresce e a temperatura da partícula começa a amentar.

Supondo que a amostra de ovo integral em pó do Experimento nº 4 atinja, no final da secagem, a temperatura de 65°C, para a unidade de 3,72%, sua pressão de vapor seria de cerca de 58mm Hg, (Figura IIIa) ou de 48mm Hg, (Figura IIIb). Nessas condições os valores calculados da atividade de água nessa amostra corresponderiam a 0,31 ou 0,25, respectivamente. Alimentos com atividade de água menor que 0,60 são microbiologicamente estáveis, de acordo com os valores citados por LEITÃO (1987).

O modelo de escoamento tipo fonte (escoamento misto), usado na secagem de todas as amostras, aumenta o tempo de residência da partícula, ao mesmo tempo que a expõe ao contato com o ar de secagem ainda com temperatura elevada. Neste contato a partícula tem o seu teor de umidade já reduzido quando encontra o ar de entrada do secador, o que poderia ocasionar temperatura final de secagem mais elevada para a partícula, do que a que seria obtida com o modelo de escoamento cocorrente.

O diâmetro das partículas atomizadas não é constante, e a distribuição de sua variação de diâmetro é importante na determinação

de sua trajetória no interior da câmara de secagem. O caminho seguido pelas partículas é um dos fatores para o cálculo do tempo de secagem, GAUVIN & KATTA (1976).

Nas amostras de ovo em pó não foi possível a determinação do diâmetro médio de suas partículas, e sua distribuição granulométrica, com o uso do jogo de peneiras vibratórias "RoTAP", devido à grande adesividade que apresentam.

Ao exame microscópico, as partículas de gema e ovo integral em pó apresentaram-se como esferas parcialmente rompidas.

Usando a equação III.6 a eficiência da secagem do ovo integral líquido, no Experimento nº 4, foi calculada como:

$$E = W_{ev} \Delta H_{Tbu} / [G (T_{ae} - Tbu) C_{p_{ae}} + F (T_F - Tbu) (T_F - Tbu) C_{p_F}] \quad [III.6-1]$$

AH_{Tbu}	=	572,7kcal/kg ag.	T_{ae}	=	201,0°C
W_w	=	13,01kg ag.ev./h	Tbu	=	43,5°C
G	=	404,5kg a.s./h	T_F	=	10,5°C
F	=	17,7kg ovo/h	$C_{p_{ae}}$	=	0,267kcal/kg a.s.°C
			C_{p_F}	=	0,900kcal/kg ovo°C
	•	%E = 45,20			

Este resultado é próximo ao citado por GAUVIN & KATTA(1976), que foi obtido usando secador industrial, com câmara de 15m de altura, atomização com bocal de pressão - diâmetro do orifício de 0,476cm e pressão de atomização de 70kg*/cm².

No Apêndice 2 vemos que a perda de entalpia, no Experimento nº 4, foi calculada como 17,2%. HOLLAND & McCANN (1980), calcularam a perda de entalpia em um secador industrial por atomização na secagem de leite, encontrando o valor de aproximadamente, 18,0%.

V.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS

Os resultados dos ensaios microbiológicos, feitos com as amostras de albume, gema e ovo integral em pó, são apresentados na Tabela XVI, bem como o tempo, após a secagem das amostras, nos quais os testes foram realizados.

Os ensaios para Coliformes fecais, *Salmonella* sp e *Staphylococcus aureus* tiveram resultado negativo para todas as amostras analisadas. Uma amostra de gema do Experimento nº 2 mostrou resultado positivo para Coliformes totais.

Os resultados dos ensaios para contagem total de microrganismos, mofos e leveduras apresentaram valores de nível aceitável, não indicam crescimento durante o tempo de estocagem.

Todos estes ensaios foram feitos no Laboratório de Controle Microbiológico da ITO OVOS S/A. - DIVISÃO INDUSTRIAL DE OVO LÍQUIDO PASTEURIZADO.

V.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS QUÍMICOS

As amostras de albume, gema e ovo integral líquido, utilizadas para os experimentos de secagem, apresentam os resultados da dosagem de sólidos na Tabela XIV, e os de proteína ($\text{g N}_2 \times 6,25$), na Tabela XVIIa. Os resultados de umidade (base úmida), proteína e a porcentagem calculada de insolubilização proteica das amostras desidratadas estão na Tabela XVIIa. Os resultados da insolubilização proteica das amostras após um, dois, três e seis meses de estocagem, na temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, são apresentados na Tabela XVIIb.

O aumento da porcentagem de insolubilização proteica (I) com o tempo de estocagem (t) é mostrada nas Figuras XIa, XIb, e XIc.

A Tabela XVIIIa apresenta esses valores experimentais e os valores interpolados das Figuras XIa, XIb e XIc.

A Tabela XVIIIb apresenta os valores calculados da velocidade de insolubilização proteica (V).

A forma das curvas, obtidas nas Figuras XIa, XIb e XIc, são semelhantes, e podem ser divididas em quatro fases:

1. fase inicial de insolubilização proteica lenta (V baixa), atingindo no máximo o primeiro mês de estocagem, mais acentuada para as amostras de ovo integral;
2. fase exponencial de insolubilização (V alta), indo pouco além do segundo mês de estocagem, menos acentuada para as amostras de gema;
3. fase de retardamento da insolubilização (V decrescente), não atingindo o quarto mês de estocagem;
4. fase final de insolubilização (V semelhante a zero).

A complexidade estrutural e química dos componentes do ovo e os tratamentos aplicados para a obtenção dos produtos desidratados sugere que a insolubilização proteica seja decorrente de várias reações bioquímicas, que podem ocorrer simultaneamente. Assumindo

que essas reações tenham ordem mista, do tipo das reações catalizadas por enzimas e devido ao perfil das curvas de insolubilização proteica que foram obtidas para as amostras desidratadas de albumina, gema e ovo integral em pó, foi feita a aplicação do modelo cinético de MICHAELIS-MENTEN, para a linearização e determinação dos parâmetros das mesmas, (SAGUY & KAREL, 1980). Para isto os pontos necessários, além dos experimentais foram interpolados das Figuras acima.

Com a equação:

$$Y = X/(a + bX) \rightarrow Y/X = 1/(a + bX) \rightarrow X/Y = a + bX$$

Para introduzir o inverso das variáveis:

$$X = 1/I$$

$$Y = 1/V \quad \text{onde} \quad V = I/t \quad [\% \text{ insol.}/\text{mês}] \quad [\text{V.4-1}]$$

$$X/Y = (1/I)/(1/V) = (I/t)/(I) = 1/t$$

Resulta:

$$X/Y = 1/t = y \quad \text{e} \quad X = 1/I = x$$

$$\text{e a equação:} \quad y = a + bx \quad [\text{V.4.2}]$$

O inverso dos valores de I e V, ou seja, X e Y, estão nas Tabelas XIXa e XIXb e plotados nas Figuras XIIa, XIIb e XIIc, respectivamente para as amostras desidratadas albumina, gema e ovo integral.

A representação gráfica da equação $y = a + bx$, conhecida como diagrama de LINEWEAVER-BURK, para essas amostras, está nas Figuras XIIIa, XIIIb e XIIIc, com a regressão feita pelo método dos mínimos quadrados.

Os parâmetros obtidos estão na Tabela XX. Os valores do coeficiente linear (a), representam o inverso da velocidade máxima das reações que acarretam a insolubilização proteica; a relação a/b

é o inverso da constante de MICHAELIS-MENTEN. Os valores desta constante dariam a possibilidade dos componentes para a reação (Tabela XX). Observa-se que esse valor é bem mais elevado para o albume (4,47), que para a gema (1,1), atingindo 9,0 para o ovo integral, não diferindo de valores já obtidos por MARTUCCI (1988). Esses resultados indicam que os componentes do albume (glicose livre e aminoácidos) e os da gema (glicose livre e cefalina), quando associados (ovo integral), apresentam valores de insolubilização proteica mais elevados do que os que seriam esperados.

O valor elevado de $V_{m\acute{a}x}$, obtido para o ovo integral em pó, poderia ser explicado como resultante da interação glicose-cefalina na gema, atuando como um fator sinérgico para a reação de insolubilização proteica, de acordo com resultados apresentados por LIEU, FRONNING & DAM (1978).

VI. CONCLUSÕES

- 1) Para a redução de glicose do ovo integral líquido recomenda-se a utilização de 0,50% de inóculo de levedura comercial de panificação, e 150 minutos de fermentação à temperatura de 32°C.
- 2) É viável o controle de redução de glicose no ovo integral líquido através da medida do pH, durante a fermentação, com base nos resultados obtidos.
- 3) Na operação de secagem do albume, gema e ovo integral líquido recomenda-se o uso do bocal de pressão pela viabilidade do uso e economia de investimento inicial no secador; há necessidade de diluição da gema devido ao valor elevado da viscosidade .
- 4) O valor da eficiência térmica cerca de 45%, assim como a relação de 31kg de ar de secagem/kg de água evaporada, estão dentro dos valores encontrados na literatura, indicando que os procedimentos utilizados são aqueles comercial e economicamente aceitos. .
- 5) Os resultados do controle microbiológico mostrou que a sanitização da planta industrial de produtos de ovo é satisfatório.
- 6) Para efeito de controle de qualidade dos produtos de ovo, no armazenamento, a curva da velocidade de insolubilização pode ser expressa na forma da cinética de MICHAELIS-MENTEN.

VII. JUSTIFICATIVAS

- 1) Os ensaios de redução de glicose no ovo integral líquido não puderam ser aplicados em amostras destinadas à secagem devido às dificuldades inerentes para a preparação das mesmas, como po de ser observado no Fluxograma de Processamento do albume, ge ma e o ovo integral.

- 2) Para a determinação da granulometria das amostras desidratadas é necessário o uso do "COULTER COUNTER", não disponível na oca são do desenvolvimento deste trabalho.

VIII. TABELAS

TABELA IIa - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO OVO DE GALINHA

COMPONENTE (%)	OVO INTEGRAL	ALBUME	GEMA	CASCA
Água	75,5	88,0	48,0	-
Proteínas	11,8	11,0	17,5	-

Cinzas	1,7	0,8	2,0	-
T o t a l	100,0	58,0	31,0	11,0

Normas USDA, citadas em STADELMAN & COTTERILL (1977)

TABELA IIb - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO OVO DE GALINHA

COMPONENTE	OVO INTEGRAL LÍQUIDO	ALBUME	GEMA	GEMA A
Água	73,70	87,60	51,10	55,50
Proteínas	12,90	10,60	16,10	15,40
Gorduras	11,50	traços	30,60	26,90
Carboidratos	1,10	1,10	1,00	1,00
Glicose	0,33	0,40	0,20	0,20
Cinzas	1,16	0,70	1,70	1,60
Ovo Integral Líquido	ñ 100%	-64,0%	-36,0%	-

FONTE: STADELMAN & COTTERILL (1977) - Gema A: gema de separação comercial

TABELA IIIa - PROPRIEDADES REOLÓGICAS DO ALBUME E OVO INTEGRAL LÍQUIDO

FONTE	PRODUTO	APARELHO (VISCOSÍMETRO)	TEMPERATURA (°C) MEDIDA - (AQUEC.)	INDICAÇÃO ¹ SPINDLE/rpm/(S ⁻¹)	VISCOSIDADE (cf)
ALBUME					
1	Natural	Rotacional Haake	02	(8,1-147) S ⁻¹	-
1	com 6 filtrações	Rotacional Haake	10	(24;3140) S ⁻¹	15 - 27;5
2	Natural	Capilar	25 (58)	-	2,5
3	Estabilizado	Brookfield LVT	61,6	adaptador-30 rpm	16,0
OVO INTEGRAL LÍQUIDO					
4	Reconstituído	Brookfield LVT	-	Sp. 2	47,5
4	Reconstituído (após 3 meses)	Brookfield LVT	-	Sp. 2	57,5-1228
4	Reconstituído (após 6 meses)	Brookfield LVT	-	Sp. 2	105-1363
2	Natural	Capilar	25 (56)	-	6,0
5	Natural	Rotacional Epprecht Rheomat-15	21,1	-	12,3
5	Pasteurizado	Rotacional Epprecht Rheomat-15	21,1	-	12,3
5	Past. e Cong.	Rotacional Epprecht Rheomat-15	21,1	-	64-380
3	Natural	Brookfield LVT	-	adaptador-12 rpm	15,5

- FONTE: 1) STADELMAN & COTTERILL (1977)
 2) PAYAWAL, LOVE & STEWART (1946)
 3) SCALZO *et alii* (1969)
 4) LIEU, FRONNING E DAM (1978)
 5) CONFORD, PARKINSON & ROBB (1969)

TABELA IIIb - PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA GEMA

FONTE	PRODUTO (SÓLIDOS)	APARELHO (VISCOSÍMETRO)	TEMPERATURA (°C) MEDIDA - (AQUEC.)	INDICAÇÃO SPINDLE/rpm/(S ⁻¹)	VISCOSIDADE (cP)
1	Natural	Cone e Placa	25	(1,9 - 76,8) S ⁻¹	2300-1800
1	Natural	Brookfield LVT	25	-	1462- 782
1	Natural	Brookfield LVT	-	Sp. 5/20 rpm	2700- 900
2	Reconstituída	Brookfield LVT	-	Spindle 4	30000
2	Reconstituída (após 3 meses)	Brookfield LVT	-	Spindle 4	23500-20000000
2	Reconstituída (após 6 meses)	Brookfield LVT	-	Spindle 4	85250-20000000
2	Reconstituída e aditivo	Brookfield LVT	-	Spindle 4	25500
2	Reconstituída e aditivo (3 meses)	Brookfield LVT	-	Spindle 4	24100-20000000
2	Reconstituída e aditivo (6 meses)	Brookfield LVT	-	Spindle 4	73500-20000000
3	Natural (51%)	Capilar	25 (63)	-	830
4	Natural (43%)	Brookfield RVT	21-23	2,5 rpm	200-300
4	Natural (53%)	Brookfield RVT	27	Sp. 5/20 rpm	1600
4	Natural (49%)	Brookfield RVT	27	Sp. 5/20 rpm	800-600
4	Natural (45%)	Brookfield RVT	27	Sp. 5/20 rpm	380-200
4	Natural (43%)	Brookfield RVT	27	Sp. 5/20 rpm	150-100
5	Natural	Brookfield LVT	61,6	Sp. 1/60 rpm	41
5	e 10% de sal	Brookfield LVT	61,6	Sp. 1/30 rpm	100

FONTE: 1) STADELMAN & COTTERILL (1977); 2) LIEU, FRONNING & DAM (1978); 3) PAYAWAL, LOVE & STUART (1946);

4) CUNNINGHAM (1972); SCALZO *et alii* (1969).

TABELA IV - ALGUNS TIPOS DE MICRORGANISMOS PRESENTES NA CASCA DO OVO DE GALINHA E NO SEU INTERIOR

MICRORGANISMOS NA CASCA	FREQUÊNCIA	MICRORGANISMOS COMUNS - CASCA COM SOLUÇÃO DE CONTINUIDADE
<i>Micrococcus</i>	++	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
<i>Arthrobacter</i>	+	<i>P. putrida</i>
<i>Bacillus</i>	+	<i>Alcaligenes</i>
<i>Pseudomonas</i>	+	<i>Escherichia</i>
<i>Achromabacter</i>	+	
<i>Alcaligenes</i>	+	
<i>Flavobacterium</i>	+	
<i>Cytophaga</i>	+	
<i>Escherichia</i>	+	
<i>Aerobacter</i>	+	

FONTE: STADELMAN & COTTERILL (1977).

TABELA V - PARÂMETROS PARA PASTEURIZAÇÃO DE PRODUTOS DE OVO

PRODUTO	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	TEMPO (MIN) DE RETENÇÃO PARA PARTÍCULAS DE VELOCIDADE	
		MAIOR	MENOR
Albume natural pH 9,0	57	1,75	3,50
Gema natural	61	1,75	3,50
Gema-2% açúcar ou mais	63 62	1,75 3,10	3,50 6,20
Gema - 2% NaCl a 12%	63 62	1,75 3,10	3,50 6,20
Ovo integral líquido	60	1,75	3,50
Idem - misturas com menos de 2% aditivos	60	3,10	6,20
Idem - 2% NaCl ou mais	63 62	1,75 3,10	3,10 6,20
Idem - 2% açúcar ou mais	61 60	1,75 3,10	3,50 6,20

FONTE: NORMAS USDA CITADAS EM STADELMAN & COTTERILL (1977).

TABELA VIa - VALORES DE pH, TEOR DE ÁGUA E DENSIDADE DO ALBUME, GEMA E OVO INTEGRAL LÍQUIDO

PRODUTO	pH	SÓLIDOS (%)	ÁGUA (%)	DENSIDADE (kg / cm ²)
Albume (*)	7,6 - 7,9	11,3	88,7	1,035
Gema (**)	6,0	44,0	56,0	1,035
Ovo líquido	7,6	24,5	75,5	1,035

(*) Depois de alguns dias o pH pode atingir o valor de 9,7

(**) Na mesma situação o pH pode atingir de 6,4 até 6,9.

TABELA VIb - PROPRIEDADES FÍSICAS DE ALGUNS PRODUTOS DE OVO

PRODUTO	SÓLIDOS (%)	TEMPERATURA CONGELAMENTO (°C)	C A L O R		LATENTE (kcal/kg)
			ESPECÍFICO (kcal/kg ⁰ C) ACIMA	ABAIXO (CONGELAMENTO)	
Água	-	zero	1,00	0,50	80,0
Albume	12	- 0,6	0,94	0,50	70,5
Gema	44	- 0,6	0,78	0,50	45,0
Gema com açúcar	50	- 3,9	0,75	0,50	40,0
Gema com sal	50	- 17,2	0,75	0,50	35,5
Ovo integral líquido	25	- 0,6	0,88-0,90	0,50	60,0
Ovo integral em pó	95	-	0,60	-	-

FONTE: STADELMAN & COTTERILL (1977).

TABELA VII - CUSTO GLOBAL DE OPERAÇÃO E PRODUÇÃO EM UM
SECADOR POR ATOMIZAÇÃO

Custos em US\$, 1962.

1. Capacidade Evaporativa de 6500 lb/h:

Custo do equipamento	\$ 170.000,00	
Custo operacional do equipamento	\$	$7,94 = 170.000 \times 1,4 \times 0,2/6000$
Mão-de-obra	\$	3,00/homem/h
Combustível	\$	$12,00 = \$ 0,60/\text{milhão BTU}$
Energia Elétrica	\$	$2,06 = \$ 0,125/\text{kWh} \times 220/1,34$
Custo total de operação	\$	25,00/h
Custo de evaporação	\$	$0,0039/\text{lb ag.ev.} = 25/6500$
Custo de produção	\$	0,0039 (ag./SS) alim./lb prod.

Instalação	40% do custo do equipamento
Redução do investimento	20%/a do custo do equipamento
Tempo de operação	6000 h/a
Unidade residual do produto desprezada.	

2. Capacidade Evaporativa de 400 lb/h:

Custo de operação	\$ 5,22/h
Custo de evaporação	\$ 0,013/lb ag. ev.

FONTE: BELCHER, SMITH & COOK (1963a).

TABELA VIIIa - CÁLCULO DA ECONOMIA DE RECUPERAÇÃO DA ENTALPIA DO AR DE EXAUSTÃO

Ar de exaustão	21,28 kg/s
Calor sensível	47,01 kJ/kg ($\Delta T_{ar} = 45^{\circ}C$)
Eficiência da transferência	75%
Calor transferido ao ar	750,3 kW (21,28 x 47,01 x 0,75)
Entalpia fornecida pelo combustível	30.212 kJ/kg
Eficiência	70%
Economia de combustível	0,00355 kg/s (750,3/30.212 x 0,7)
Custo do combustível	6,18 pence/kg
Economia	0,22 pence/s (6,18 x 0,00355)
Operação do secador	8.000 h/a
Economia anual	63.360 libras (0,22 x 3600 x 8000/100)

Preços em Libra - 1979.

FONTE: HOLLAND & McCANN (1980).

TABELA VIIIa - CÁLCULO DA ECONOMIA ... (Cont.)

TROCADOR DE CALOR DE PLACAS	M A T E R I A L	
	ALUMÍNIO	AÇO INOXIDÁVEL
Preço de compra	9.300	16.000
Instalação	23.750	40.000
Mão-de-obra, Manutenção	5.700	9.600
T o t a l	38.950	65.600

TABELA VIIIb - CÁLCULO DA RECUPERAÇÃO DE ENTALPIA COM O USO DE ISOLANTE TÉRMICO

SUPERFÍCIE APLICADA	ÁREA (m ²)	ESPESSURA ECONOMICA (mm)	ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL (kW) (L/a)		CUSTO DO ISOLANTE (L/m ² -L)	ECON. LÍQUIDA (L/a)
Topo do Secador	8,92	80	0,371	174,61	1,95-17,40	157,21
Conjunto de Tubos de vapor	3,72	80	0,211	154,70	2,98-11,08	143,62

FONTE: HOLLAND & McCANN (1980).

TABELA IX - PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE PRODUTOS DE OVO

PRODUTO	PROPRIEDADE	AGENTE	EFEITO	MEDIDA
BATIMENTO				
Albume	Incorporação de Ar	Ovoglobulina	Coagula pelo calor	Volume Bolo de Anjo
	Desnaturação proteica	Ovomucina	Espuma estável	Idem
Gema e Ovo Integral Líquido	Idem em menor escala	Proteínas	Coagulação pelo calor	Panificação
EMULSIFICAÇÃO				
Gema (4 x Albume)	Incorporação de gorduras	Lecitoproteínas	Emulsão estável	Maionese
Ovo integral líquido (intermediário)	Idem	Idem e proteínas	Idem	Maionese
AROMA				
Produtos de ovo	-	Muitos Componentes	Peculiar	Sensorial
COR				
Gema	-	Xantofila, luteína, zeaxantina	Cor amarelo-ouro a limão	Métodos Colorimétricos

FONTE: STADELMAN & COTTERILL (1977).

**TABELA Xa - ALGUNS FATORES PREJUDICIAIS PARA A SECAGEM
DOS PRODUTOS DE OVO**

F A T O R E S	EFEITO SOBRE
ALBUME	
Não redução da glicose	Aroma e batimento
Contaminação por gema (menos de 0,03%)	Idem
Pressão maior ou igual a 3.000 psi	Coagulação
Pré-aquecimento	Batimento
Cisalhamento (homogenização e atomização)	Idem
Temperatura elevada na secagem	Idem
GEMA E OVO INTEGRAL LÍQUIDO	
Perda da emulsificação dos lipídeos	Batimento
Temperatura elevada na secagem	Emulsificação
Aquecimento após a secagem	Emulsificação
Não redução da glicose	Aroma e solubilidade

FONTE: STADELMAN & COTTERILL (1977).

TABELA Xb - ALGUNS FATORES AUXILIARES PARA A SECAGEM
DE PRODUTOS DE OVO

F A T O R E S	EFEITO SOBRE
ALBUME	
pH 8,5	Batimento
pH ~ 7,0 e adição de sulfato de alumínio	Estabilidade proteica
Lípase pancreática (componentes da gema complexam conalbumina)	Batimento (quando há contaminação com gema)
Secagem à temperatura baixa (pasteurização posterior)	Manutenção das propriedades
pH baixo e umidade baixa	Escurecimento mais lento
Adição de polifosfatos, na contaminação por gema	Batimento
GEMA E OVO INTEGRAL LÍQUIDO	
Adição de carboidratos de 5 a 10%	Proteção aos lípideos, influi na cor e aroma
pH 5,5 a 6,0 (ovo)	Emulsificação
Temperatura adequada de secagem	Idem
pH menor que 6,0 e umidade menor que 2% (gema)	Escurecimento mais lento

FONTE: STADELMAN & COTTERILL (1977).

TABELA XI - COMPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES EM PRODUTOS COMERCIAIS
DE OVO, OBTIDOS COM SECAGEM E ATOMIZAÇÃO

COMPONENTES (100g)	ALBUME	GEMA	OVO
Sólidos (g)	96,3	97,3	96,8
Proteína (N x 6,25) (g)	83,2	31,5	47,2
Cinzas - total (g)	6,0	3,5	4,0
Calorias - calculado (kcal)	342	689	596
Lipídeos - total (g)	-	60,8	44,3
Lipídeos saturados	-	18,3	13,5
Monoinsaturados	-	25,1	18,0
Poli-insaturados	-	7,1	5,0
Colesterol	-	2,6	1,9
Lecitina	-	12,8	9,6
Cefalina	-	2,5	2,0
Ácidos Graxos (g)			
Mirístico (14:0)	-	0,25	0,19
Palmítico (16:0)	-	12,95	9,70
Estearico (18:0)	-	5,14	3,58
Palmitolêico (16:1)	-	1,49	1,01
Olêico (18:1)	-	23,61	16,97
Linolêico (18:2)	-	6,58	4,60
Linolênico (18:3)	-	0,26	0,22
Aracdônico (20:4)	-	0,51	0,40

FONTE: COTTERILL, GLAUERT & FRONNING (1978).

TABELA XI - COMPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES ... (cont.)

COMPONENTES (100g)	ALBUME	GEMA	OVO
Aminoácidos (g)			
Alanina	4,66	1,68	2,44
Arginina	4,42	2,34	2,87
Ácido Aspártico	8,17	3,16	4,49
Cistina	2,38	0,67	1,12
Ácido Glutâmico	10,51	3,96	5,70
Glicina	2,75	1,01	1,46
Histidina	1,83	0,84	1,09
Isoleucina	3,97	1,62	2,23
Leucina	7,35	3,00	4,20
Lisina	5,36	2,33	3,05
Metionina	2,95	0,88	1,40
Fenilalanina	4,74	1,50	2,40
Prolina	2,77	1,29	1,64
Serina	5,37	2,69	3,39
Treonina	3,55	1,72	2,19
Triptofano	1,38	0,54	0,75
Tirosina	3,20	1,51	1,88
Valina	5,16	1,86	2,71

FONTE: COTTERILL, GLAUERT & FRONNING (1978).

TABELA XI - COMPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES ... (cont.)

COMPONENTES (100g)	ALBUME	GEMA	OVO
Minerais (mg)			
Cálcio	53,70	251,00	194,50
Cloro	1374,50	405,00	686,00
Cobre	0,18	0,29	0,27
Iodo	0,03	0,27	0,21
Ferro	0,50	10,50	7,80
Magnésio	88,70	25,70	42,60
Manganês	0,05	018	0,15
Fósforo	114,00	1090,00	835,00
Potássio	1290,00	263,00	560,00
Sódio	1280,00	178,00	485,00
Enxofre	1338,00	340,00	648,00
Zinco	0,10	7,34	5,70
Vitaminas			
A (UI)	-	1751	1259
D (UI)	-	253	190
E (mg)	-	10,70	9,30
B ₁₂ (µg)	0,21	5,52	3,05
Biotina (µg)	38,90	90,40	80,80
Colina (mg)	-	2475,00	1914,00
Ácido Fólico (mg)	0,80	0,43	0,28
Inositol (mg)	51,30	27,00	33,60
Niacina (mg)	1,18	0,12	0,37
Ácido Pantotênico (mg)	0,67	8,77	5,61
Piridoxina (mg)	-	0,56	0,34
Riboflavina (mg)	2,75	0,92	1,36
Tiamina (mg)	0,19	0,67	0,42

FONTE: COTTERILL, GLAUERT & FRONNING (1978).

TABELA XII - DADOS DO AR USADO PARA A SECAGEM E VALORES CALCULADOS DA UMIDADE RELATIVA E ABSOLUTA

EXP. Nº	1	2	3	4	5
T _{bs} (°C)	19,60	17,50	16,20	20,50	21,00
P _{sat} (mm Hg) (T _{bs})	17,10	15,04	13,68	18,80	18,64
T _{bu} (°C)	16,80	14,50	11,60	15,50	16,20
P _{sat} (mm Hg) (T _{bu})	14,34	12,38	10,24	13,03	13,81
P _b (mm Hg)	709,10	711,90	710,00	708,20	708,10
P _{v_e} (mm Hg)	13,08	11,03	8,17	10,70	11,66
w _e (kg/kg)	0,0117	0,0098	0,0072	0,0095	0,0104
φ _e (%)	76,50	73,34	59,72	59,18	62,55

TABELA XIII - DADOS DO AR DE SECAGEM E VALORES CALCULADOS DA UMIDADE ABSOLUTA

EXP. Nº	ENTRADA T _{bs} (°C)	E X A U S T Ã O				UMIDADE ABS. (kg/kg)
		T _{bs} (°C)	T _{bu}	P _{sat} _{T_{bu}} (mm Hg)	P _v _{T_{bu}}	
A ₁	200,0	90,0	-	-	-	-
A ₂	205,0	85,0	-	-	-	-
A ₃	205,0	83,8	44,1	68,61	51,73	0,0489
A ₄	200,0	79,8	43,2	65,49	49,98	0,0472
A ₅	205,0	81,6	43,6	66,87	50,72	0,048
G ₁	200,0	90,0	-	-	-	-
G ₂	205,0	80,0	-	-	-	-
G ₃	205,0	82,6	43,8	67,56	51,04	0,0482
G ₄	200,0	81,4	43,5	66,52	50,41	0,0487
G ₅	200,0	77,2	43,4	66,18	51,81	0,0498
G ₆	195,0	81,0	-	-	-	-
O ₁	200,0	85,0	-	-	-	-
O ₂	204,0	82,0	-	-	-	-
O ₃	205,0	82,6	43,8	67,57	51,04	0,0482
O ₄	201,0	81,4	43,5	66,52	50,41	0,0487
O ₅	200,0	77,2	43,4	66,18	51,81	0,0492

TABELA XIV - DADOS DA ALIMENTAÇÃO DO SECADOR

EXP. Nº	TEMPERATURA (°C)	MASSA (kg)	TEMPO DE SECAGEM (min)	VAZÃO (kg/h)	PRESSÃO (kg*/cm ²)	SÓLIDOS (%)
A ₁	7,5	18,0	56,0	19,3	-	12,30
A ₂	6,2	12,0	39,1	18,4	12,0	-
A ₃	8,1	12,0	39,0	18,5	12,1	12,31
A ₄	7,4	12,0	39,1	18,4	12,0	12,20
A ₅	8,9	12,0	37,0	18,9	12,8	12,28
G ₁	6,5	6,0	20,0	18,0	-	48,00
G ₂	7,4	8,0	29,0	16,6	12,5	24,10
G ₃	8,7	8,0	30,0	16,0	12,3	36,00
G ₄	7,6	8,0	30,0	16,0	12,5	36,26
G ₅	8,8	8,0	28,0	17,1	13,0	36,13
G ₆	8,9	5,4	-	.	12,8	-
O ₁	9,8	18,0	58,4	18,5	-	-
O ₂	6,3	18,0	61,5	17,6	12,9	25,20
O ₃	7,9	12,0	40,7	17,7	12,6	-
O ₄	10,5	10,0	34,0	17,6	12,5	25,10
O ₅	9,7	12,0	49,6	17,7	12,8	24,90

TABELA XVa - DADOS DA REDUÇÃO DA GLICOSE NO OVO INTEGRAL LÍQUIDO

TEMPO (min.)	GLICOSE PRESENTE (mg/ml)				
	22°C	26°C	26°C	30°C	32°C
	0,25% inóculo		0,50% inóculo		
0	3,32	3,28	3,29	3,41	3,34
30	3,22	3,03	2,99	2,99	2,69
60	2,82	2,68	2,49	2,16	1,74
90	2,47	2,28	1,89	1,41	0,69
120	2,12	1,93	1,29	0,66	0,44
150	1,72	1,53	0,66	0,56	0,39

TABELA XVb - DADOS DA REDUÇÃO DA GLICOSE NO OVO INTEGRAL LÍQUIDO POR FERMENTAÇÃO

INÓCULO	TEMPERATURA (°C)	GLICOSE		REDUÇÃO	% REDUÇÃO
		CONCENTRAÇÃO INICIAL (mg/ml)	CONCENTRAÇÃO FINAL (mg/ml)		
0,25	22	3,32	1,72	1,60	48,19
	26	3,28	1,53	1,75	53,35
0,50	26	3,29	0,66	2,63	72,94
	30	3,41	0,56	2,85	83,58
	32	3,34	0,39	2,95	88,32

TABELA XVI - RESULTADOS DOS ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS DAS AMOSTRAS DESIDRATADAS DE ALBUME, GEMA E OVO INTEGRAL EM PÓ

EXPERIMENTO Nº	CONTAGEM TOTAL (COLONIAS/g PÓ)			MOFOS E LEVEDURAS (COLONIAS/g PÓ)		
	(1)	(4)	(8)	(1)	(2)	(3)
A ₁	(1)-10	(4)-10	(8)-10	-10	-10	-10
A ₂	(2)-10	(5)-10	(8)-10	30	-10	-10
A ₃	(1)-10	(5)-10	(8)120	-10	-10	40
A ₄	-	(5) 10	(11) 30	-	7	-10
A ₅	(2) 500	(6)-10	(11)-10	-10	-10	-10
G ₁	(1) 20	(5)-10	(8)-10	-10	-10	20
G ₂	(3)-10	(5)-10	(8)-10	30	-10	40
G ₃	(2)-10	(5)-10	(8)-10	-10	-10	-10
G ₄	(2)-10	(6) 20	(11)-10	20	-10	-10
G ₅	(1)-10	(2)-10	-	-10	-10	-
G ₆	-	(2)-10	(11)-10	-	-10	-10
O ₁	(1) 60	(5)-10	(8)-10	40	-10	-10
O ₂	(2)-10	(4)-10	(9)-10	30	-10	140
O ₃	(2)-10	(5)-10	(9)-10	30	30	-10
O ₄	(1)-10	(6)-10	(10)-10	-10	30	-10
O ₅	(1) 20	(6)-10	(11)-20	10	20	-10

() indica o tempo, em meses, após a secagem, em que o ensaio foi feito.

Coliformes totais - positivo apenas para a primeira amostra G₂.

Coliformes fecais, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* sp deram resultado negativo para todas as amostras

TABELA XVIIa - RESULTADOS DA DOSAGEM DE PROTEÍNA DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NA SECAGEM E DA UMIDADE E PROTEÍNA DAS AMOSTRAS DESIDRATADAS

EXPERIMENTO Nº	UMIDADE (%)	PROTEÍNA (%)	
		LÍQUIDO	PÓ
A ₁	3,41	84,65	76,81
A ₂	5,00	85,22	77,33
A ₃	5,60	86,73	76,00
A ₄	5,71	84,49	77,59
A ₅	6,06	85,36	76,24
G ₁	1,70	33,61	31,63
G ₂	2,50	32,98	30,83
G ₃	2,64	32,78	30,14
G ₄	1,87	32,21	31,57
G ₅	1,49	32,63	31,23
G ₆	2,26	32,17	31,92
O ₁	2,36	48,26	44,18
O ₂	3,44	48,19	44,89
O ₃	3,28	49,29	43,99
O ₄	3,72	49,12	43,31
O ₅	3,85	48,89	43,91

TABELA XVIIb - VALORES DA INSOLUBILIZAÇÃO PROTEICA (%), DAS AMOSTRAS DESIDRATADAS DURANTE O ARMAZENAMENTO

EXPERIMENTO Nº	TEMPO DE ARMAZENAMENTO (mês)			
	1	2	3	6
A ₁	0,81	5,51	6,57	7,15
A ₂	1,10	5,65	6,86	7,64
A ₃	0,76	5,25	6,62	7,40
A ₄	0,72	5,35	6,45	7,61
A ₅	1,44	6,00	7,08	8,32
G ₁	1,82	4,66	5,66	5,71
G ₂	1,86	4,41	4,97	5,43
G ₃	1,95	4,43	5,30	5,92
G ₄	1,31	4,65	5,64	6,34
G ₅	1,44	4,30	5,34	5,76
G ₆	1,44	4,14	4,95	5,32
O ₁	3,04	11,52	12,80	13,33
O ₂	3,59	11,65	12,86	13,45
O ₃	3,65	11,81	13,05	13,47
O ₄	3,89	11,23	12,36	12,97
O ₅	3,43	10,83	11,52	11,88

TABELA XVIIIa - VALORES DA INSOLUBILIZAÇÃO PROTEICA (%) DAS AMOSTRAS DESIDRATADAS DE ALBUME, GEMA E OVO INTEGRAL

EXPERIMENTO Nº	TEMPO (mês)					
	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
A ₁	0,81	1,75	2,30	4,50	5,30	5,80
A ₂	1,10	2,15	3,75	4,95	5,65	6,10
A ₃	0,76	1,50	2,85	4,50	5,25	5,75
A ₄	0,72	1,30	2,85	4,30	5,35	5,70
A ₅	1,44	2,75	4,35	5,30	6,00	6,60
G ₁	1,82	2,50	3,25	4,00	4,66	5,05
G ₂	1,86	2,60	3,30	3,85	4,31	4,55
G ₃	1,95	2,60	3,30	3,95	4,43	4,80
G ₄	1,31	2,25	3,30	4,10	4,65	5,05
G ₅	1,44	2,25	3,00	3,75	4,30	4,70
G ₆	1,44	2,15	2,90	3,65	4,14	4,45
O ₁	3,04	6,10	8,90	10,53	11,52	12,00
O ₂	3,59	7,00	9,50	11,00	11,65	12,10
O ₃	3,65	7,40	9,85	11,15	11,81	12,28
O ₄	3,89	7,50	9,85	10,65	11,23	11,05
O ₅	3,43	7,40	9,50	10,35	10,83	11,15

TABELA XVIIIb - VALORES CALCULADOS DA VELOCIDADE DE INSOLUBILIZAÇÃO PROTEICA (% INS./MÊS); DAS AMOSTRAS DESIDRATADAS DE ALBUME, GEMA E OVO INTEGRAL - (EQ. V.4-1)

EXPERIMENTO Nº	TEMPO (mês)					
	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
A ₁	0,81	1,40	2,20	2,57	2,65	2,57
A ₂	1,10	1,72	2,50	2,83	2,82	2,71
A ₃	0,76	1,20	1,90	2,57	2,62	2,55
A ₄	0,72	1,04	1,90	2,46	2,67	2,53
A ₅	1,44	2,20	2,90	3,03	3,00	2,93
G ₁	1,82	2,00	2,17	2,28	2,33	2,24
G ₂	1,86	2,08	2,20	2,20	2,15	1,82
G ₃	1,95	2,08	2,20	2,26	2,21	1,92
G ₄	1,31	1,80	2,20	2,34	2,32	2,00
G ₅	1,44	1,80	2,00	2,14	2,21	1,88
G ₆	1,44	1,72	1,93	2,07	2,07	1,78
O ₁	3,04	4,89	5,93	5,91	5,76	5,33
O ₂	3,59	5,60	6,33	6,28	5,82	5,38
O ₃	3,65	5,92	6,57	6,37	5,90	5,44
O ₄	3,89	6,00	6,57	6,08	5,61	4,91
O ₅	3,43	5,92	6,33	5,91	5,91	4,95

TABELA XIXa - VALORES DO INVERSO DA INSOLUBILIZAÇÃO PROTEICA

EXPERIMENTO Nº	TEMPO (mês)				
	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
A ₁	1,23	0,57	0,43	0,22	0,19
A ₂	0,91	0,46	0,27	0,20	-
A ₃	1,31	0,67	0,35	0,22	0,19
A ₄	1,39	0,77	0,35	0,23	0,19
A ₅	0,69	0,36	0,23	0,19	-
G ₁	0,55	0,40	0,31	0,25	0,21
G ₂	0,54	0,38	0,30	-	-
G ₃	0,51	0,38	0,30	0,25	-
G ₄	0,76	0,44	0,30	0,24	-
G ₅	0,69	0,44	0,33	0,27	0,23
G ₆	0,69	0,46	0,34	0,27	-
O ₁	0,33	0,16	0,11	-	-
O ₂	0,28	0,14	0,10	-	-
O ₃	0,27	0,13	0,10	-	-
O ₄	0,26	0,13	0,10	-	-
O ₅	0,29	0,13	0,10	-	-

TABELA XIXb - VALORES DO INVERSO DA VELOCIDADE DE
INSOLUBILIZAÇÃO PROTEICA

EXPERIMENTO Nº	TEMPO (mês)				
	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
A ₁	1,23	0,71	0,45	0,39	0,38
A ₂	0,91	0,58	0,40	0,35	-
A ₃	1,31	0,83	0,53	0,39	0,38
A ₄	1,39	0,96	0,53	0,41	0,37
A ₅	0,69	0,45	0,34	0,33	-
G ₁	0,55	0,50	0,46	0,44	0,43
G ₂	0,54	0,48	0,45	-	-
G ₃	0,51	0,48	0,45	0,44	-
G ₄	0,76	0,55	0,45	0,43	-
G ₅	0,69	0,55	0,50	0,47	0,45
G ₆	0,69	0,58	0,52	0,48	-
O ₁	0,33	0,20	0,17	-	-
O ₂	0,28	0,18	0,16	-	-
O ₃	0,27	0,17	0,15	-	-
O ₄	0,26	0,17	0,15	-	-
O ₅	0,29	0,17	0,16	-	-

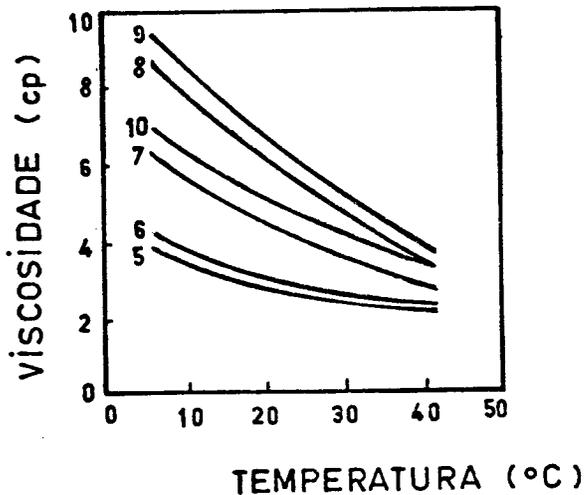
TABELA XX - PARÂMETROS DO AJUSTE DAS CURVAS

PRODUTO	RAIO DE CORRELAÇÃO	COEFICIENTE		V _{máx.}	b/a
		LINEAR (a)	ANGULAR (b)		
Albume	0,99	0,19	0,85	5,26	4,47
Gema	0,94	0,31	0,53	3,23	1,71
Ovo Integral	0,99	0,08	0,72	12,50	9,00

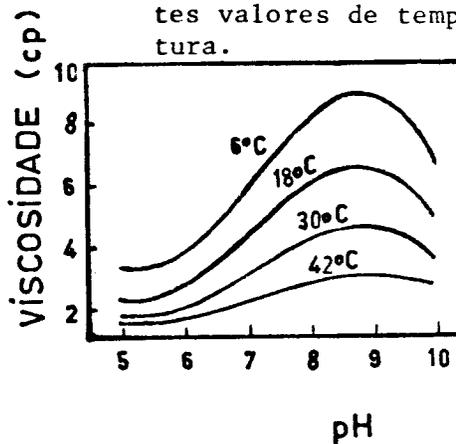
XV. FIGURAS

FIGURA I - CURVAS DA VARIAÇÃO DA VISCOSIDADE DO ALBUME

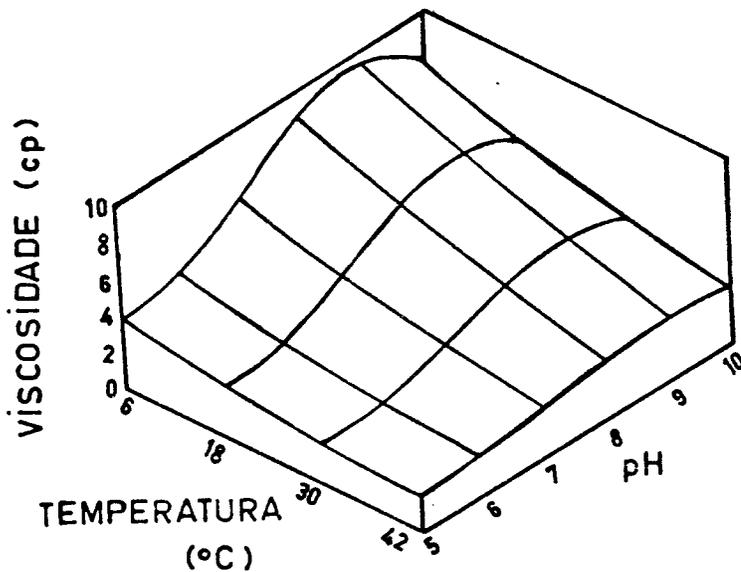
1. variação da viscosidade com a temperatura para diferentes valores de pH.



2. Variação da viscosidade com o pH para diferentes valores de temperatura.



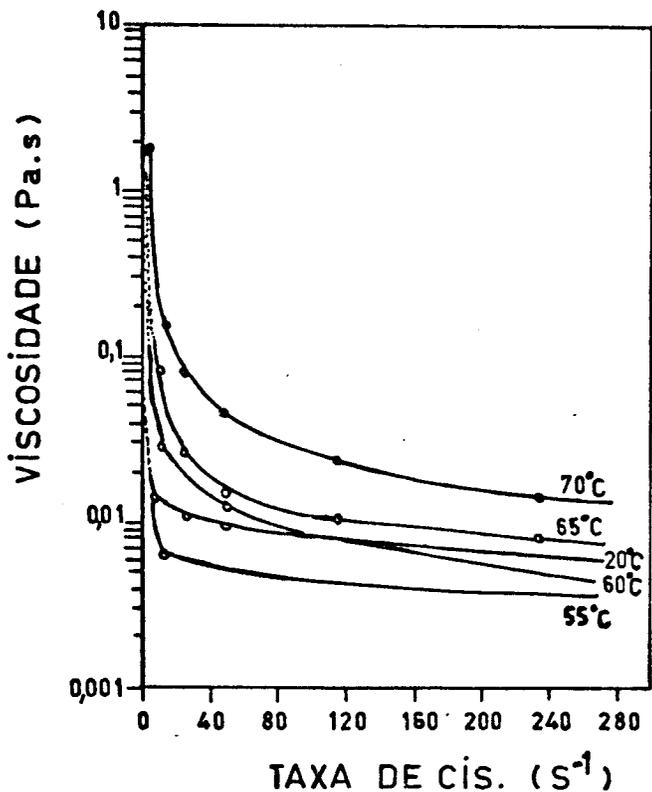
3. Variação da viscosidade com o pH e temperatura



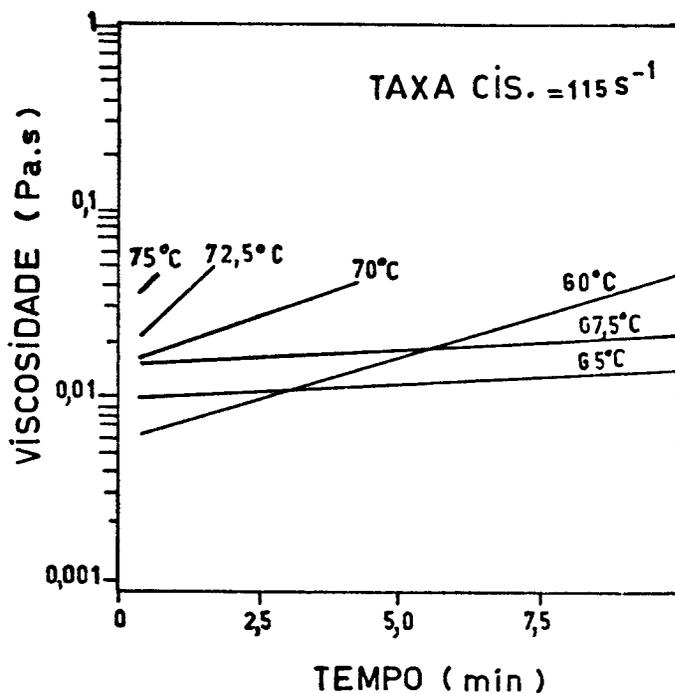
FONTE: PITSILIS, WALTON & COTTERILL (1975).

FIGURA II - PARÂMETROS REOLÓGICOS DO OVO INTEGRAL LÍQUIDO

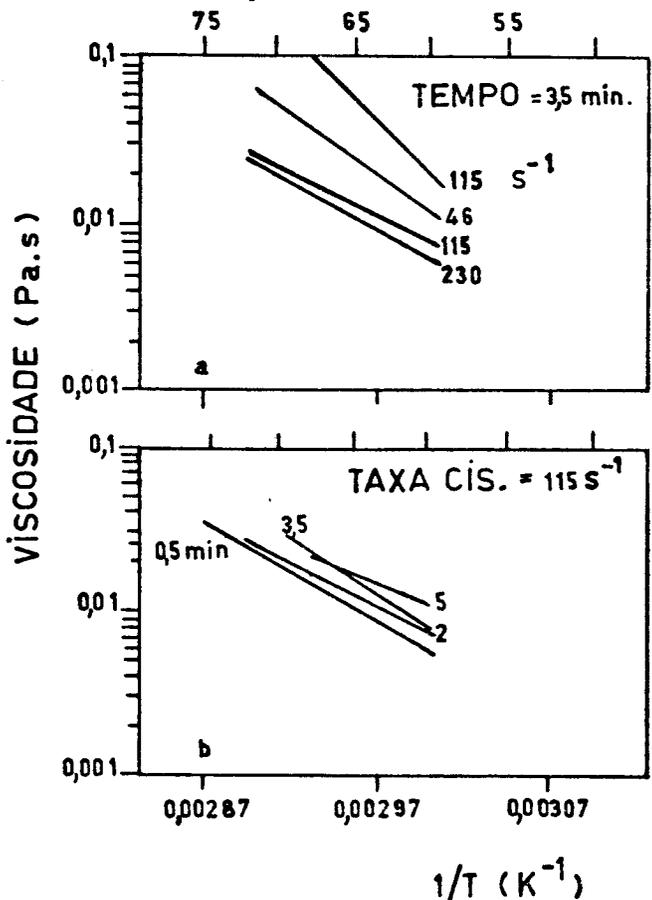
a. Valor da viscosidade após 3,5 minutos a diferentes temperaturas e taxas de cisalhamento.



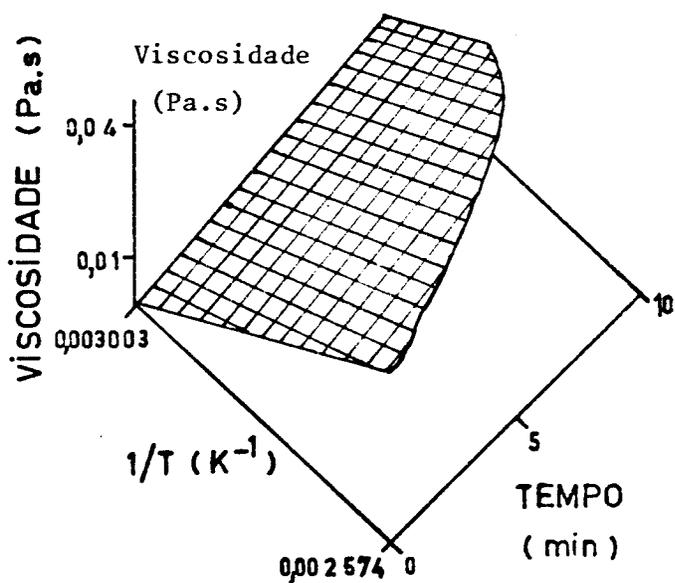
b. Viscosidade em função do tempo a diferentes temperaturas



c. Variação da viscosidade com a temperatura

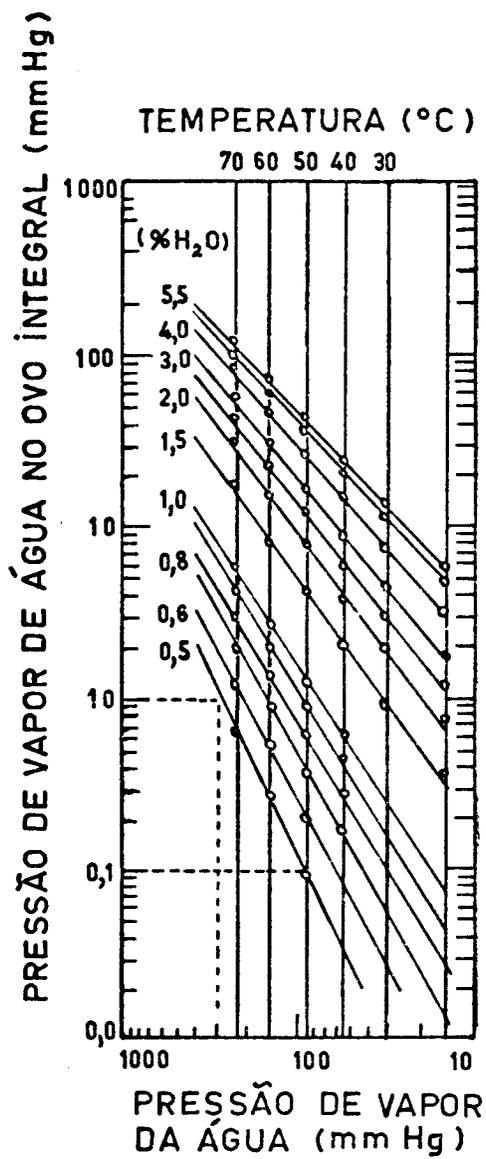


d. Variação da viscosidade em função do tempo e temperatura



FONTE: HAMID-SAMINI, SWARTZEL & BALL (1984).

FIGURA IIIa - VARIAÇÃO DA PRESSÃO DE VAPOR DE ÁGUA E DO CALOR DE ADSORÇÃO COM A UMIDADE DO OVO INTEGRAL EM PÓ



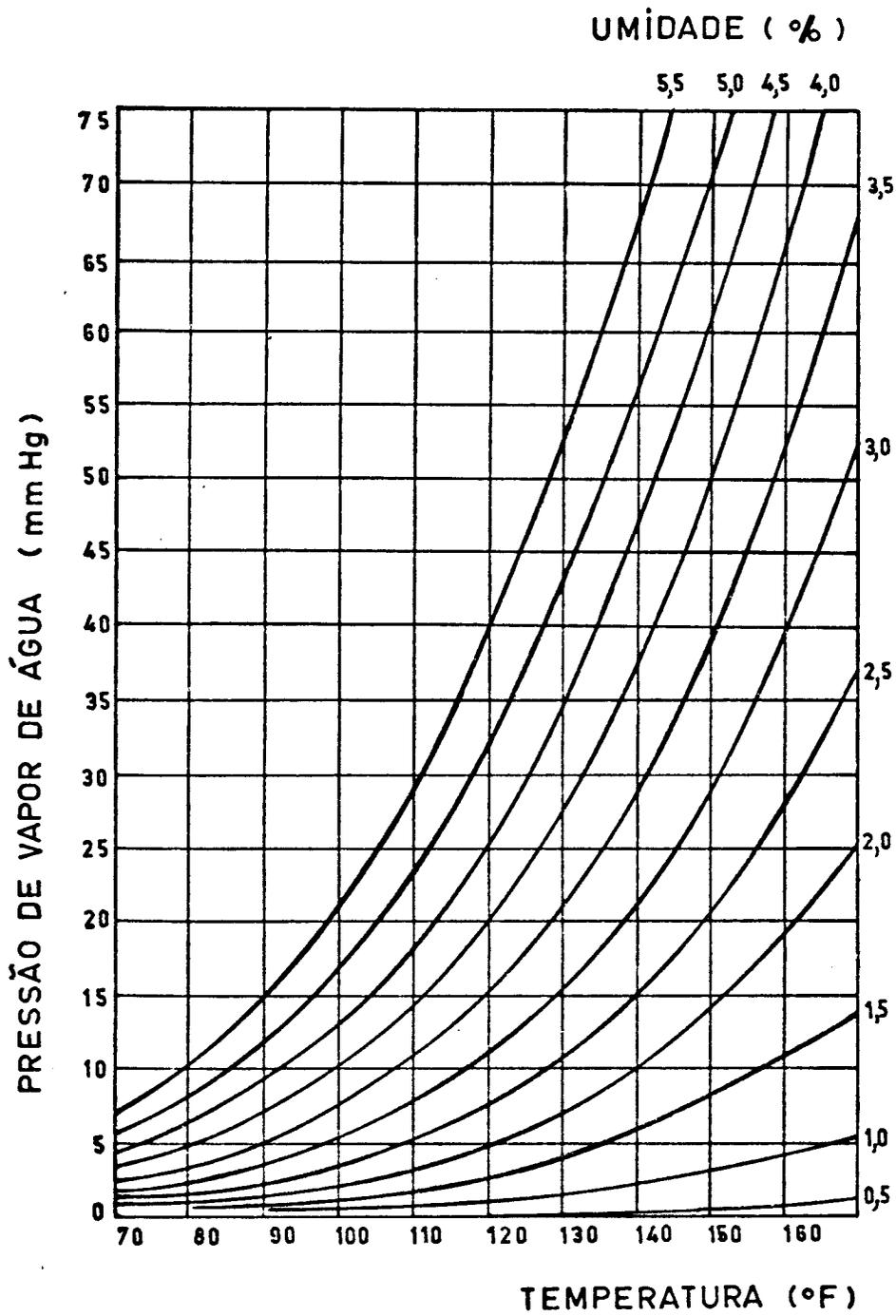
Umidade (%)	Ea/Ec
0,5	2,09
0,7	1,82
0,9	1,66
1,0	1,57
1,5	1,41
2,0	1,37
3,0	1,27
4,0	1,20
5,0	1,12
5,5	1,11

Ea é o calor de adsorção do vapor de água no ovo integral.

Ec é o calor de condensação da água, à mesma temperatura.

FONTE: MAKOWER (1945)

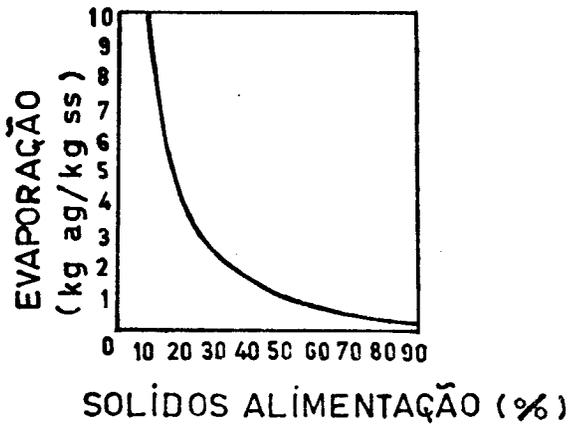
FIGURA IIIb - VARIAÇÃO DA PRESSÃO DE VAPOR DE ÁGUA COM A UMIDADE DO OVO INTEGRAL EM PÓ



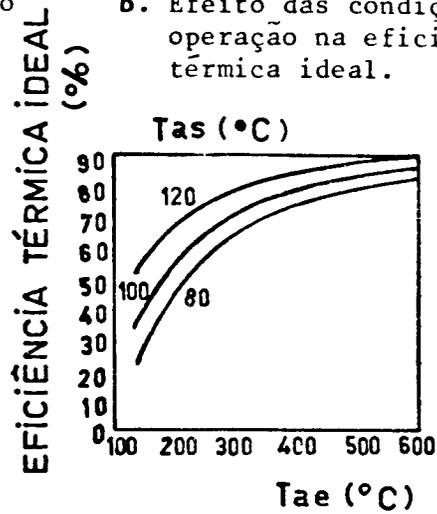
FONTE: GREENE *et alii* (1948)

FIGURA IV - PARÂMETROS OPERACIONAIS E CUSTOS DE INSTALAÇÃO DE SECADORES POR ATOMIZAÇÃO

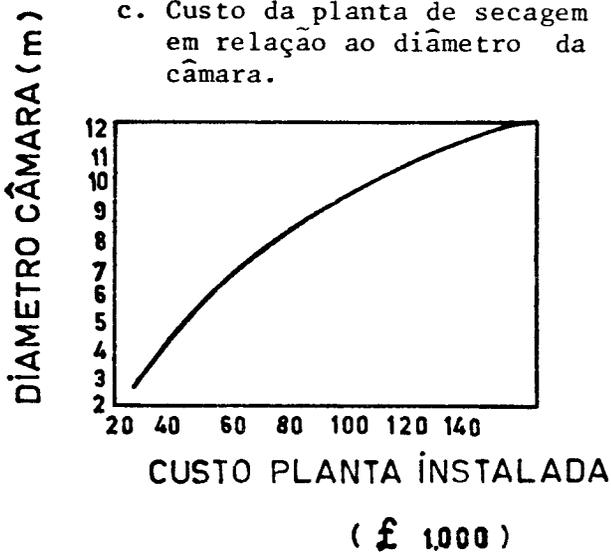
a. Efeito da concentração da alimentação na evaporação específica.



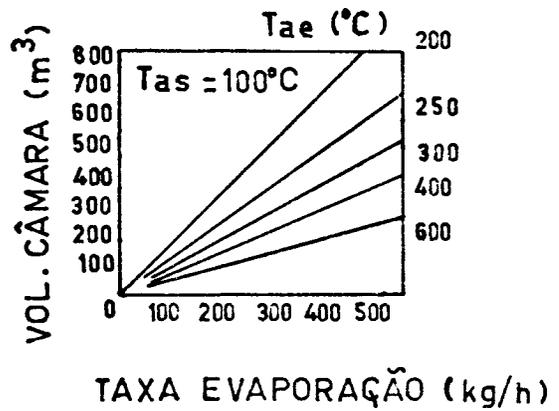
b. Efeito das condições de operação na eficiência térmica ideal.



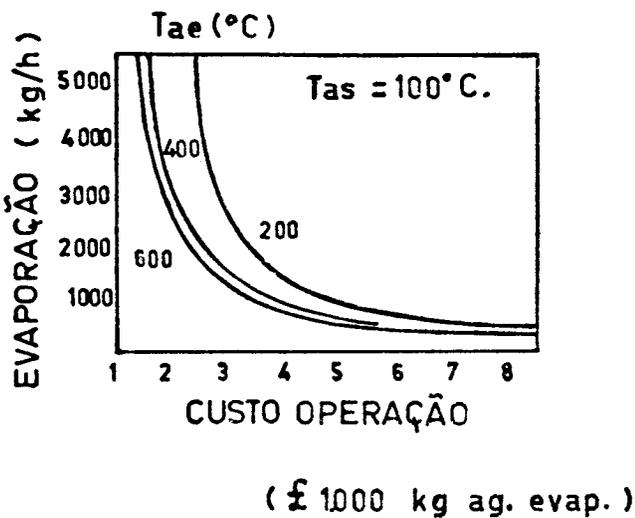
c. Custo da planta de secagem em relação ao diâmetro da câmara.



d. Efeito das condições de operações no tamanho da câmara.



e. Custos de operação



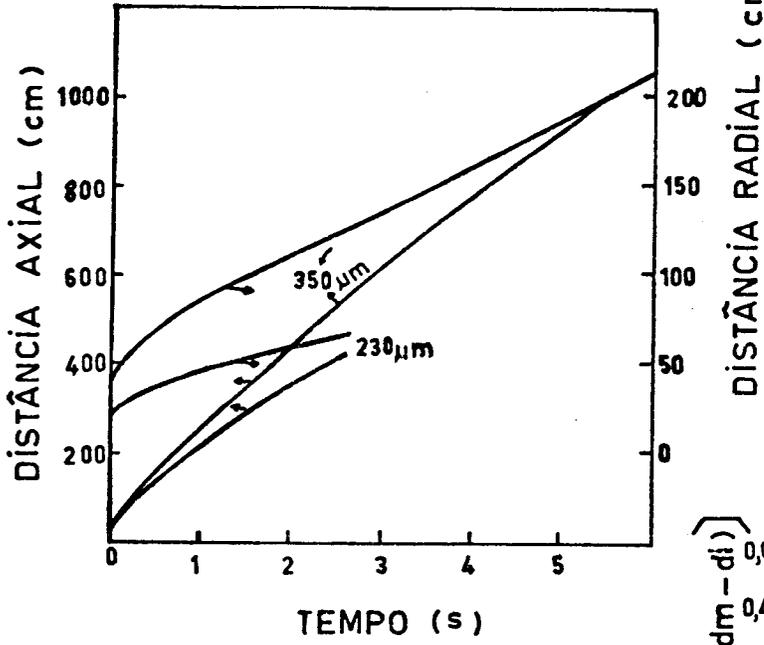
f. Eficiência térmica real cerca de 85 a 95% da ideal

g. Preço base de dezembro de 1971. Com o uso de filtros, aumento de 10 a 20%. Com aquecimento indireto, aumento de 3 a 8%.

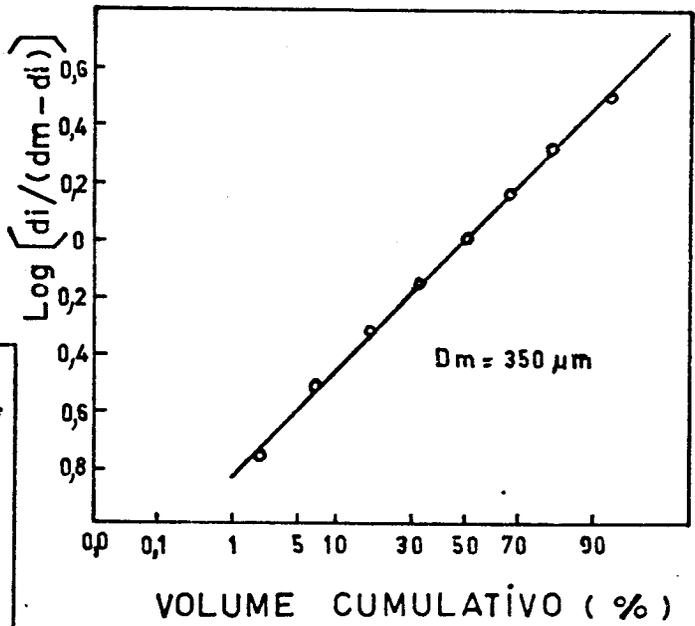
FONTE: LYNE (1971).

FIGURA Va - COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DA SECAGEM

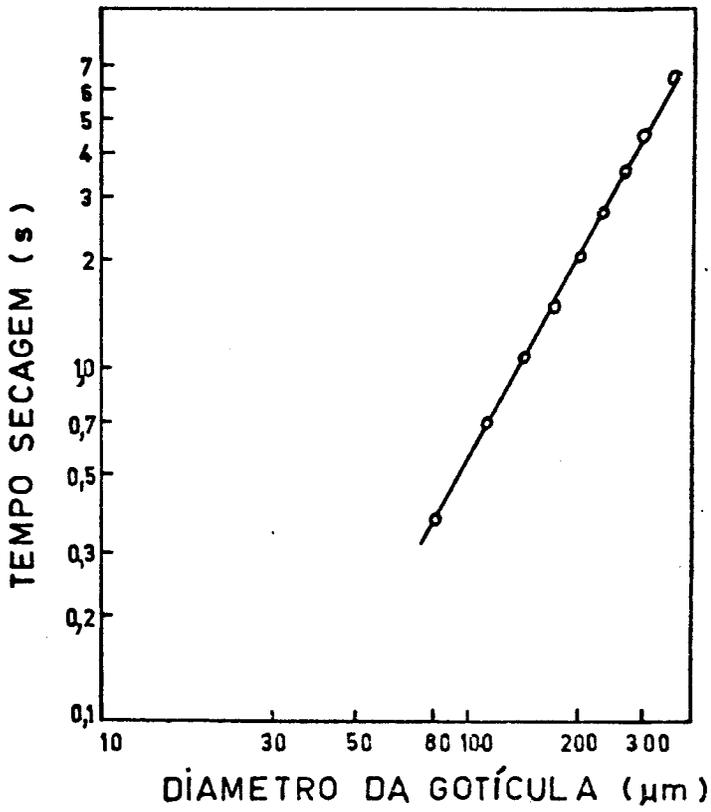
1. Localização axial e radial da maior gotícula em função do tempo.



2. $\text{Log} \left[\frac{d_i}{(d_m - d_i)} \right]$ em função da porcentagem do volume cumulativo.



3. Período de secagem em função do diâmetro da gotícula.

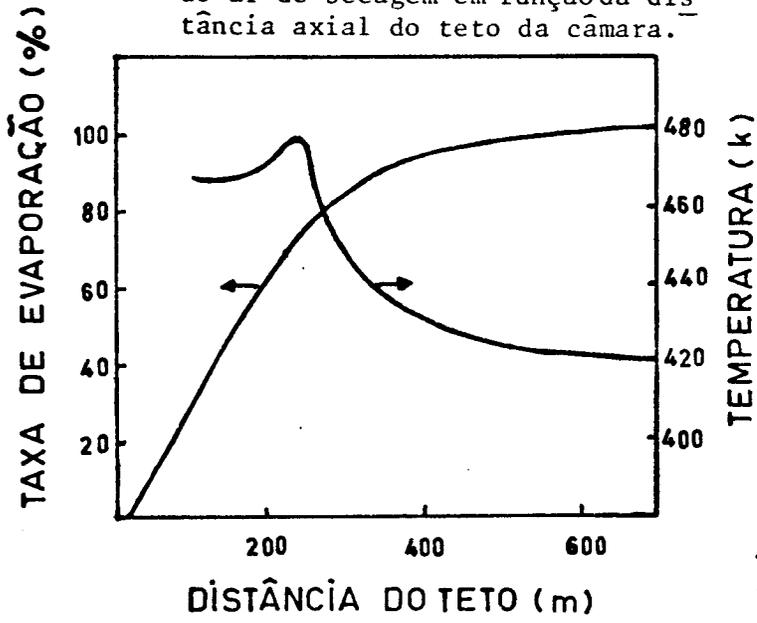


d_i (μm)	Vol. cumulativo (%)
50	2,2
80	7,3
110	18,0
140	33,0
170	51,0
200	67,0
230	81,0
260	93,0
290	100,0

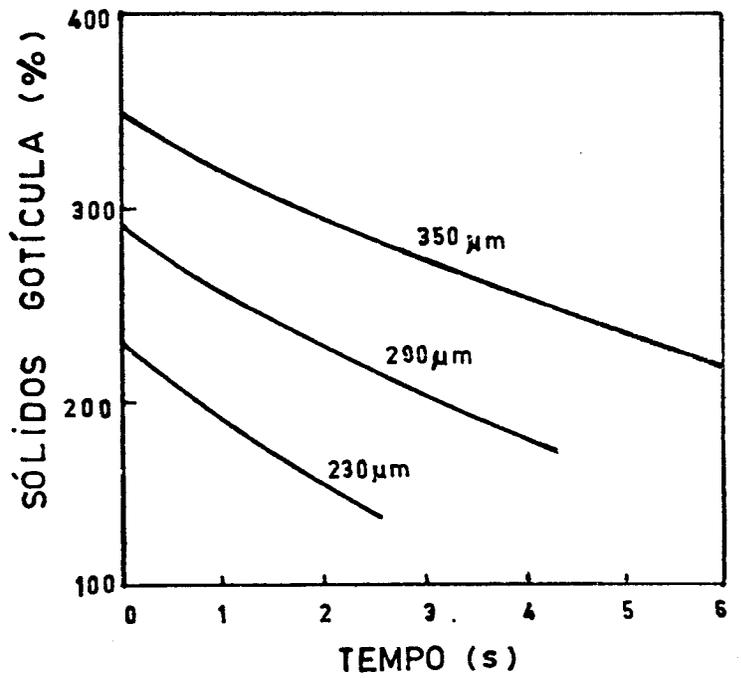
FONTE: GAUVIN & KATTA (1976).

FIGURA Vb - COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DA SECAGEM

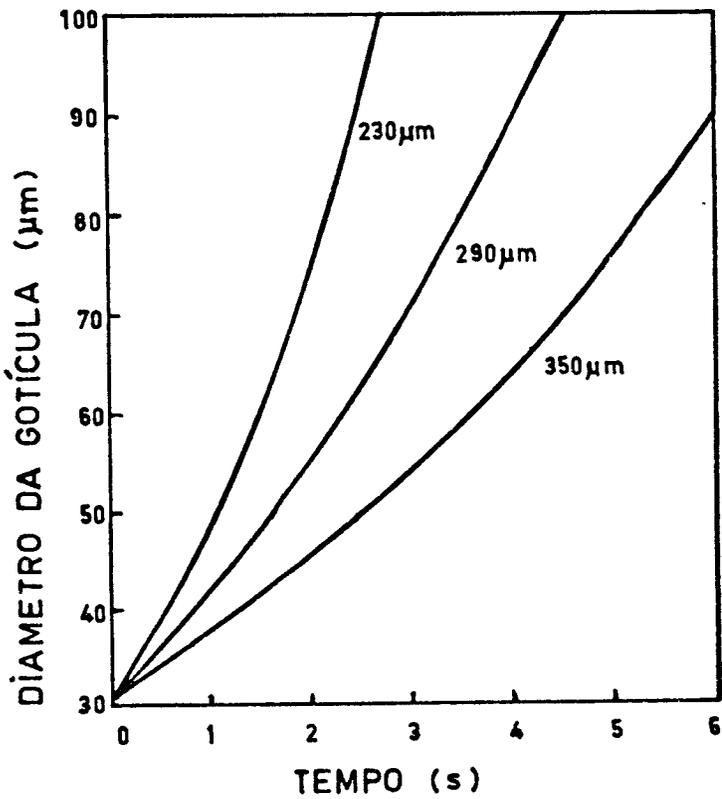
1. Taxa de evaporação e temperatura do ar de secagem em função da distância axial do teto da câmara.



2. Variação do diâmetro da gotícula em função do tempo de secagem.

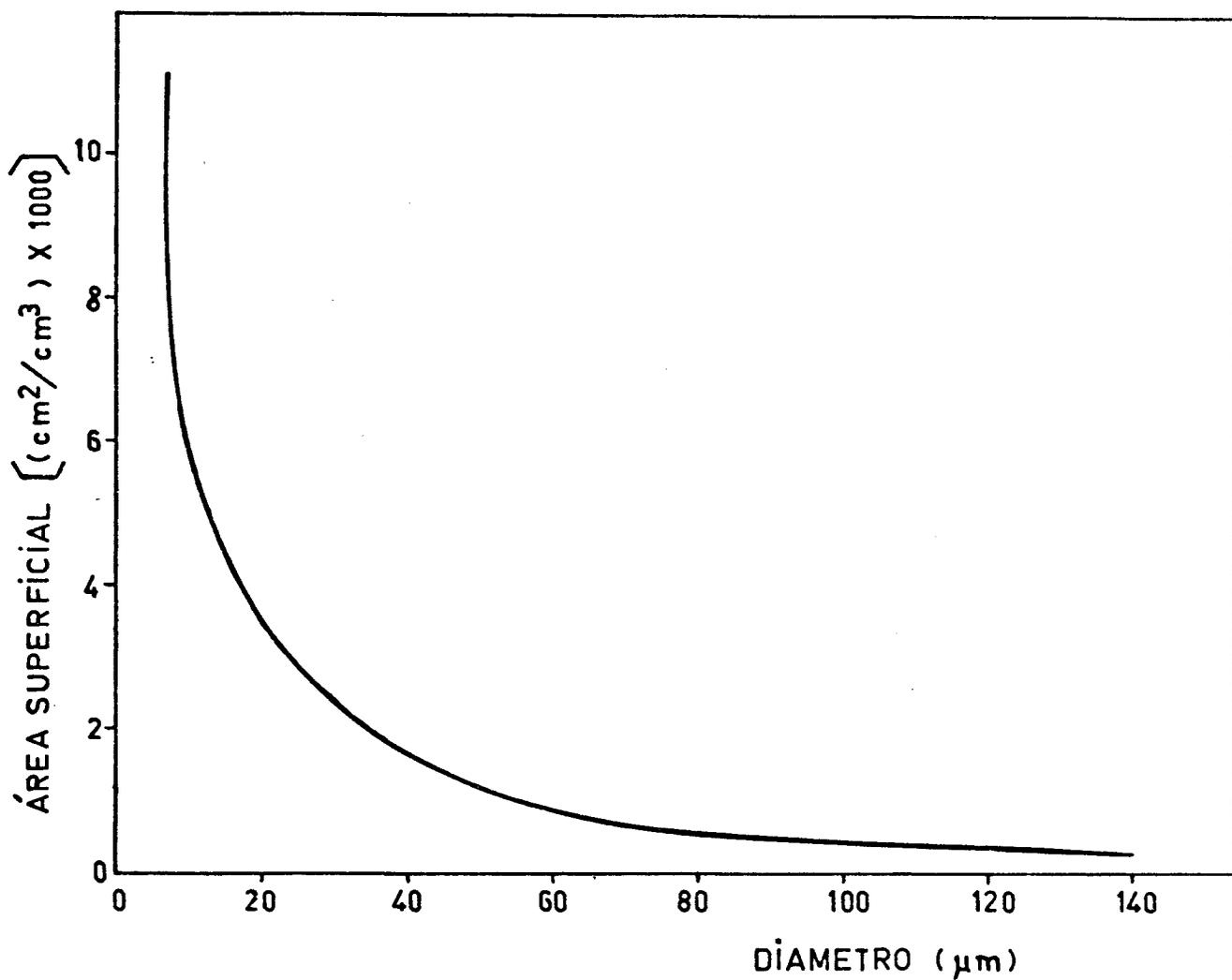


3. Concentração de sólidos da gotícula em função do tempo de secagem.



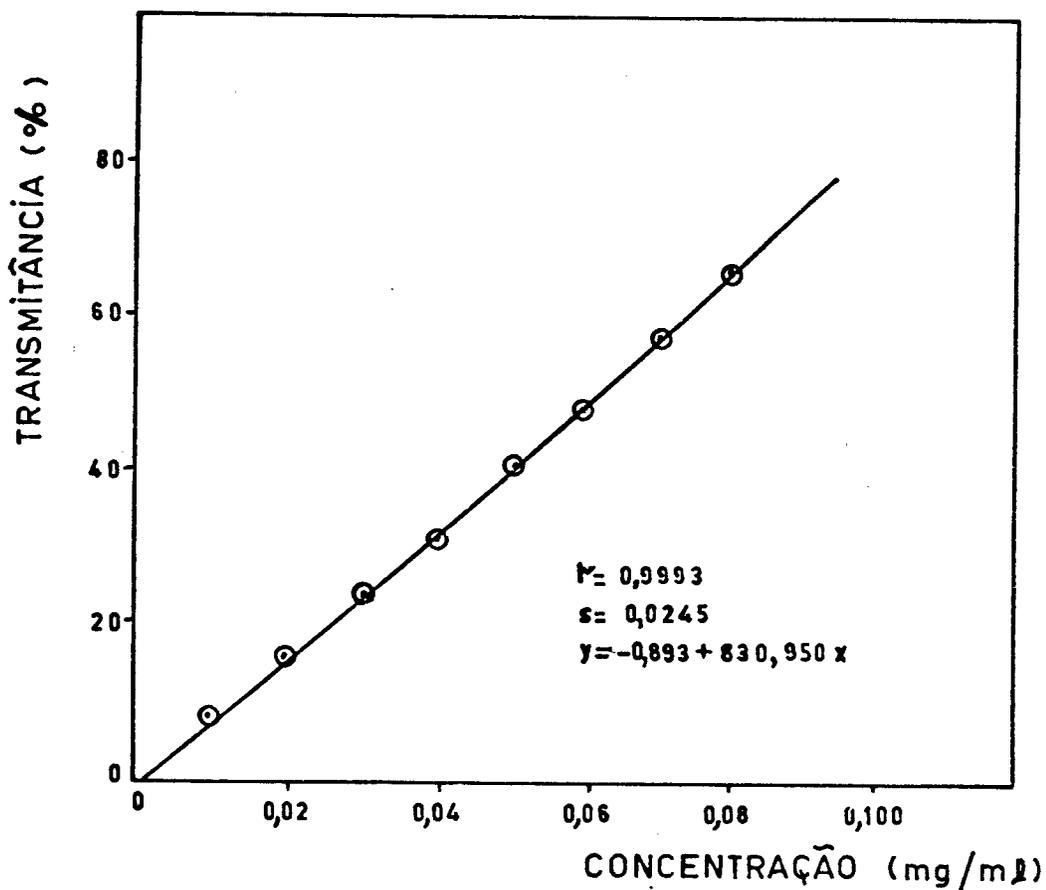
FONTE: GAUVIN & KATTA (1976).

FIGURA VI - ÁREA SUPERFICIAL DAS PARTÍCULAS EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO



FONTE: STADELMAN & COTTERILL (1977).

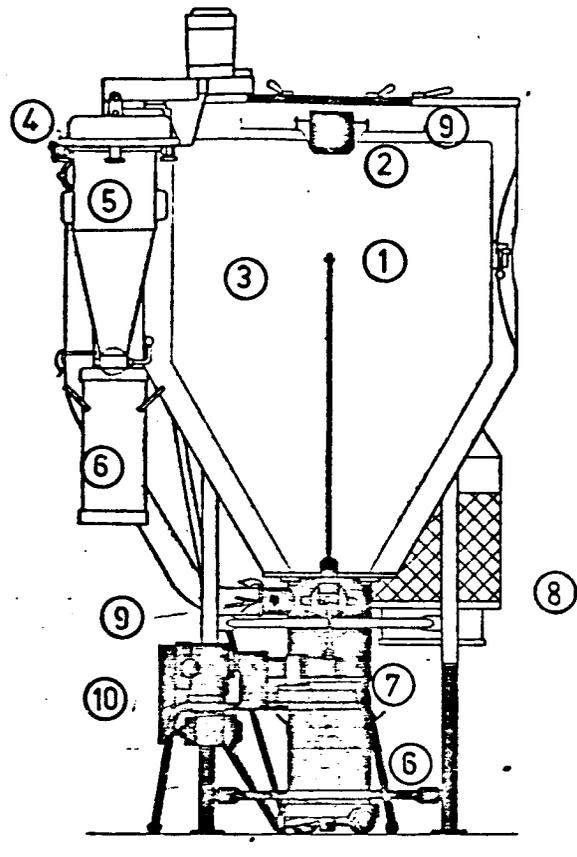
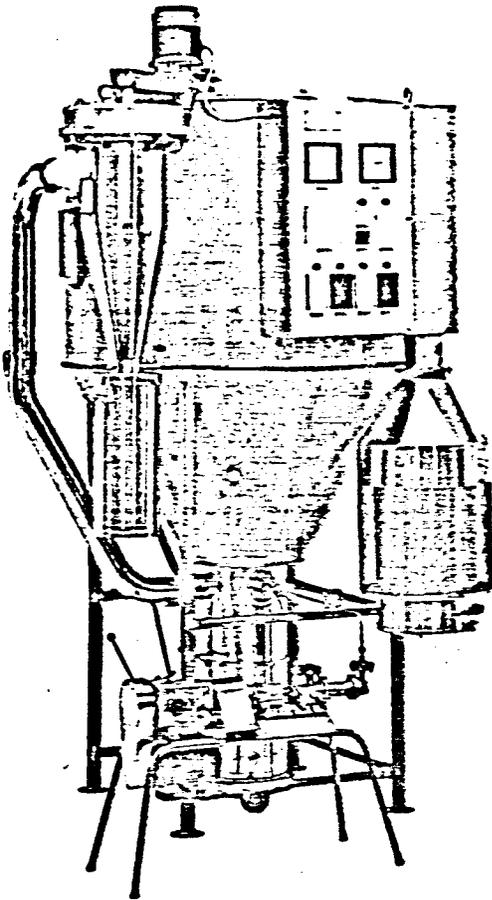
FIGURA VII - CURVA PADRÃO DA GLICOSE



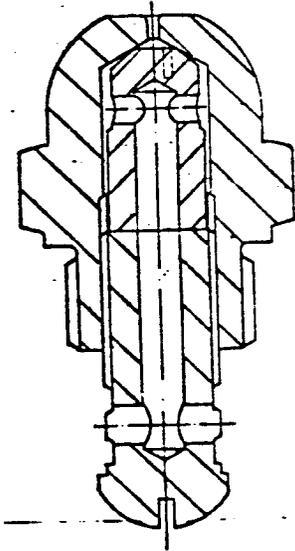
Transmitância (%)	Concentração (mg/ml)
8	0,01
16	0,02
24	0,03
31	0,04
41	0,05
48	0,06
58	0,07
66	0,03

FIGURA VIII - SECADOR POR ATOMIZAÇÃO (NIRO ATOMIZER)

a. Modelo utilizado



b. Bocal de pressão



- (1) Bocal
- (2) Dispersor de ar
- (3) Câmara de secagem
- (4) Ventilador
- (5) Ciclone
- (6) Depósitos de produto
- (7) Segmento de ligação
- (8) Queimador
- (9) Sensor de temperatura
- (10) Bomba de alimentação

FONTE: CATÁLOGO NIRO ATOMIZER, DINAMARCA.

FIGURA IX - PRESSÃO MANOMÉTRICA E VAZÃO DE ÁGUA DA BOMBA DE ALIMENTAÇÃO

BOCAL

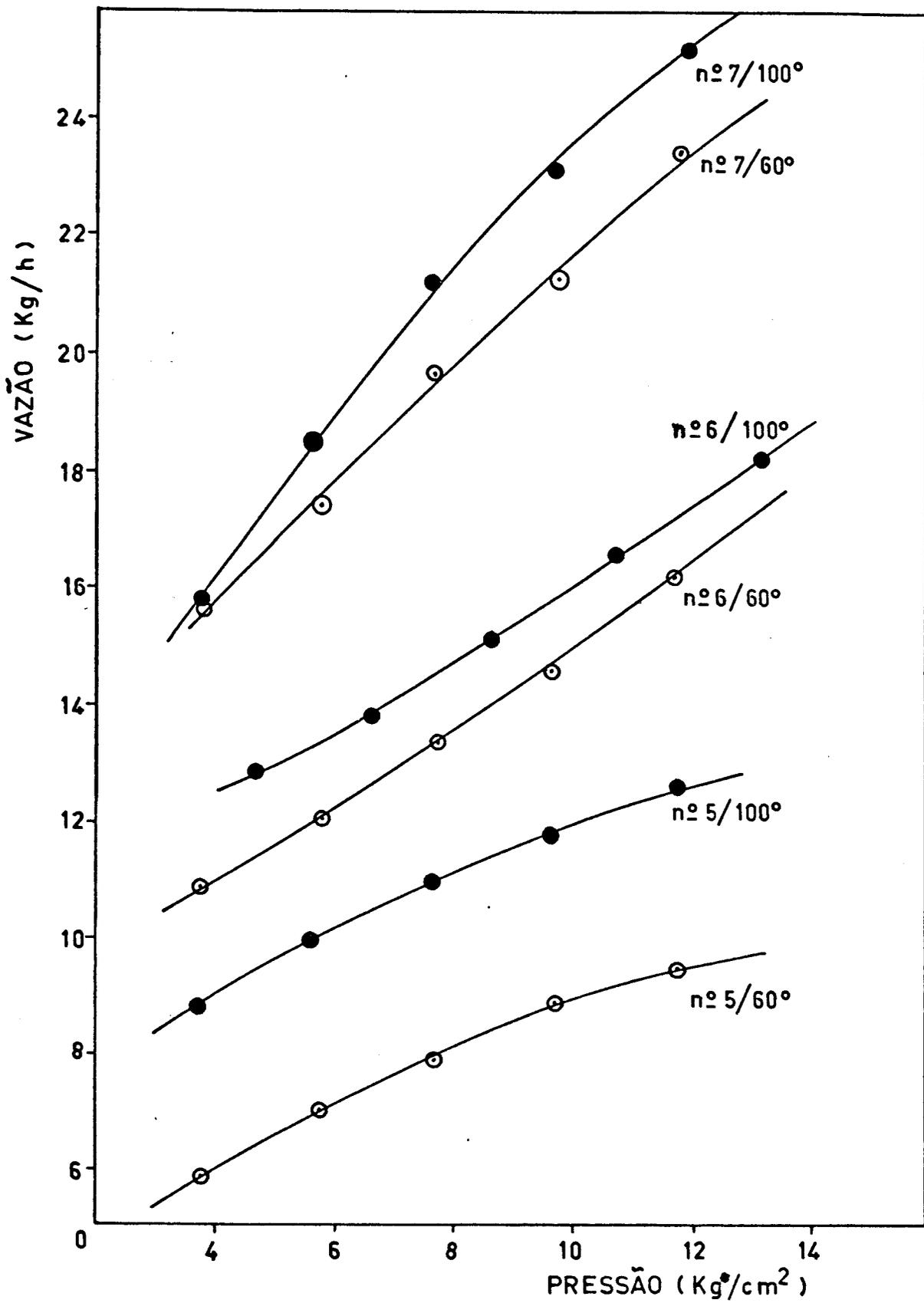


FIGURA X - REDUÇÃO DA GLICOSE NO OVO INTEGRAL LÍQUIDO

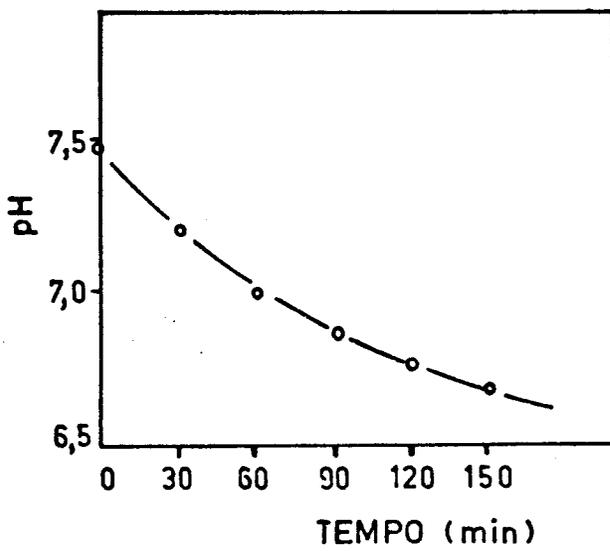
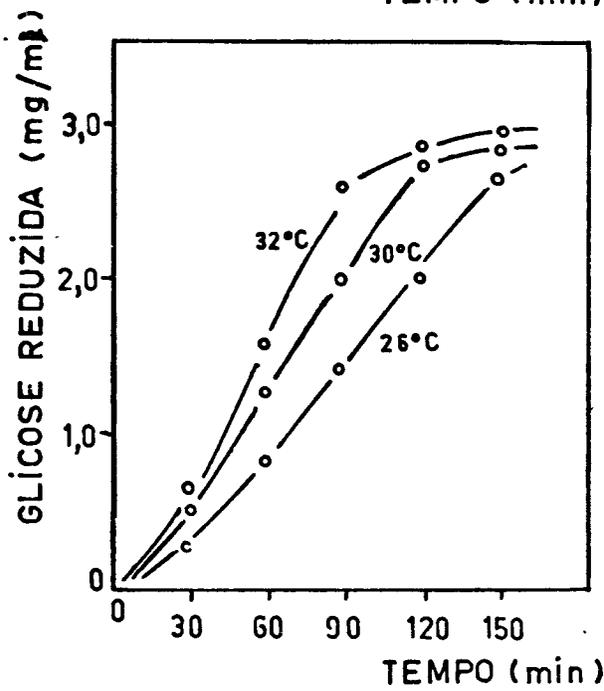
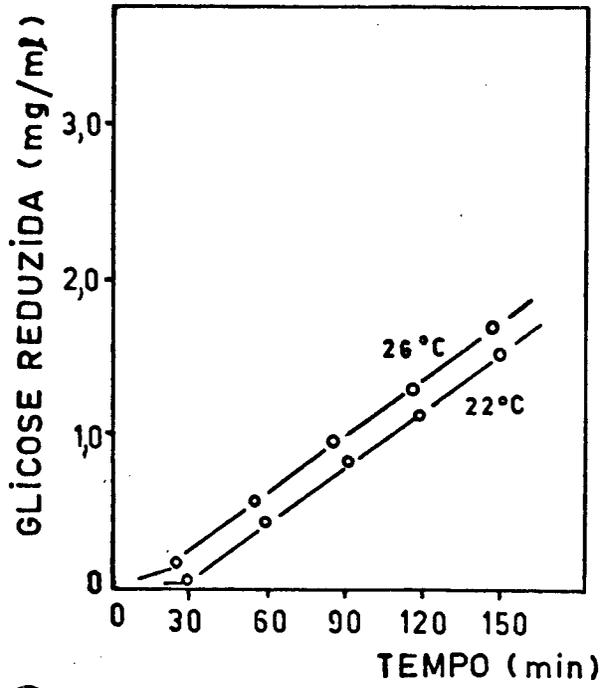
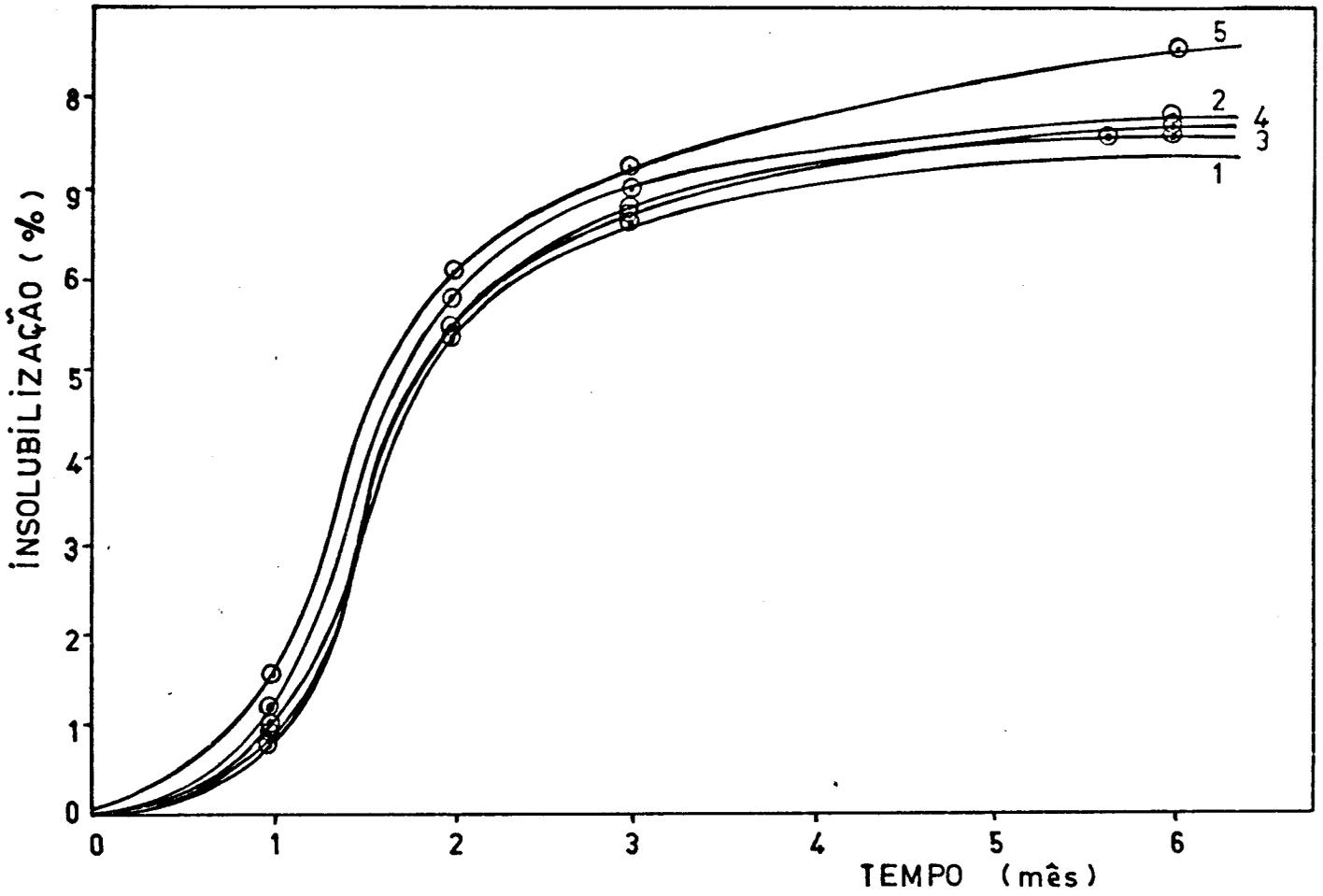


FIGURA XI - CURVAS DE INSOLUBILIZAÇÃO PROTEICA

A. ALBUME



B. GEMA

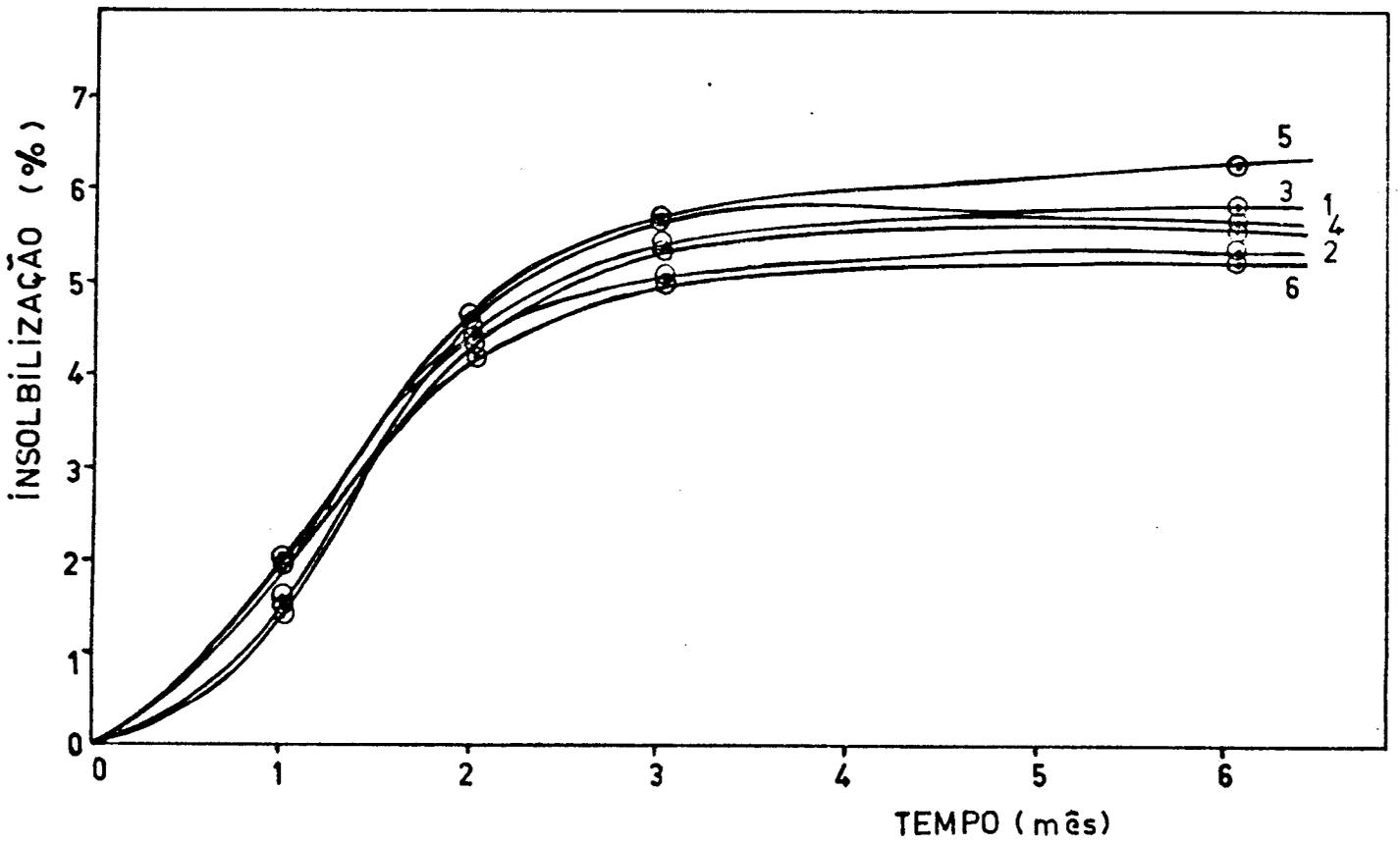


FIGURA XI - CURVAS DE INSOLUBILIZAÇÃO PROTEICA

C. OVO ÍNTEGRAL

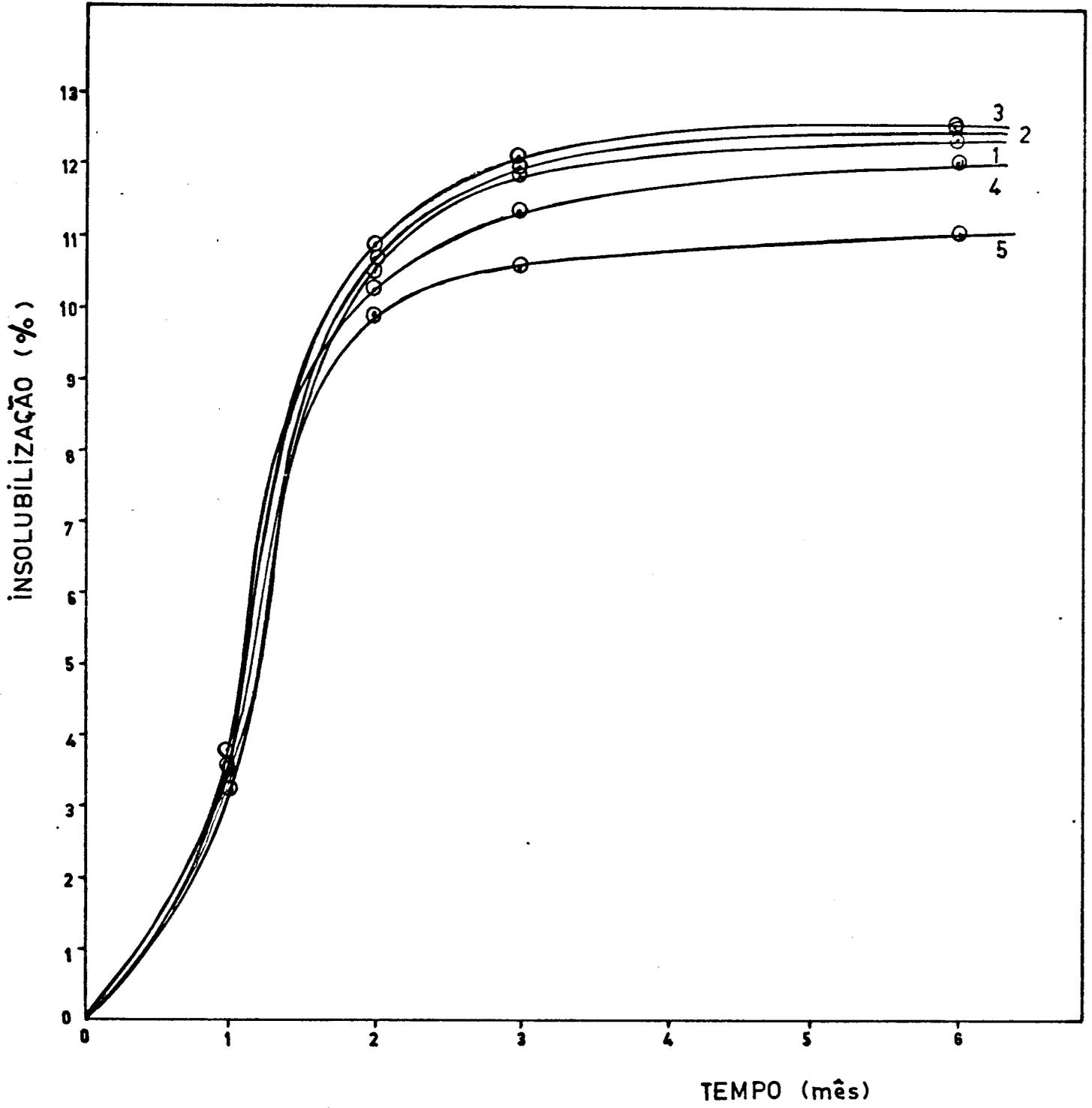


FIGURA XIIa - CURVA DO INVERSO DA VELOCIDADE E DA INSOLUBILIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ALBUME EM PÓ

FIGURA XIIa - CURVA AJUSTADA

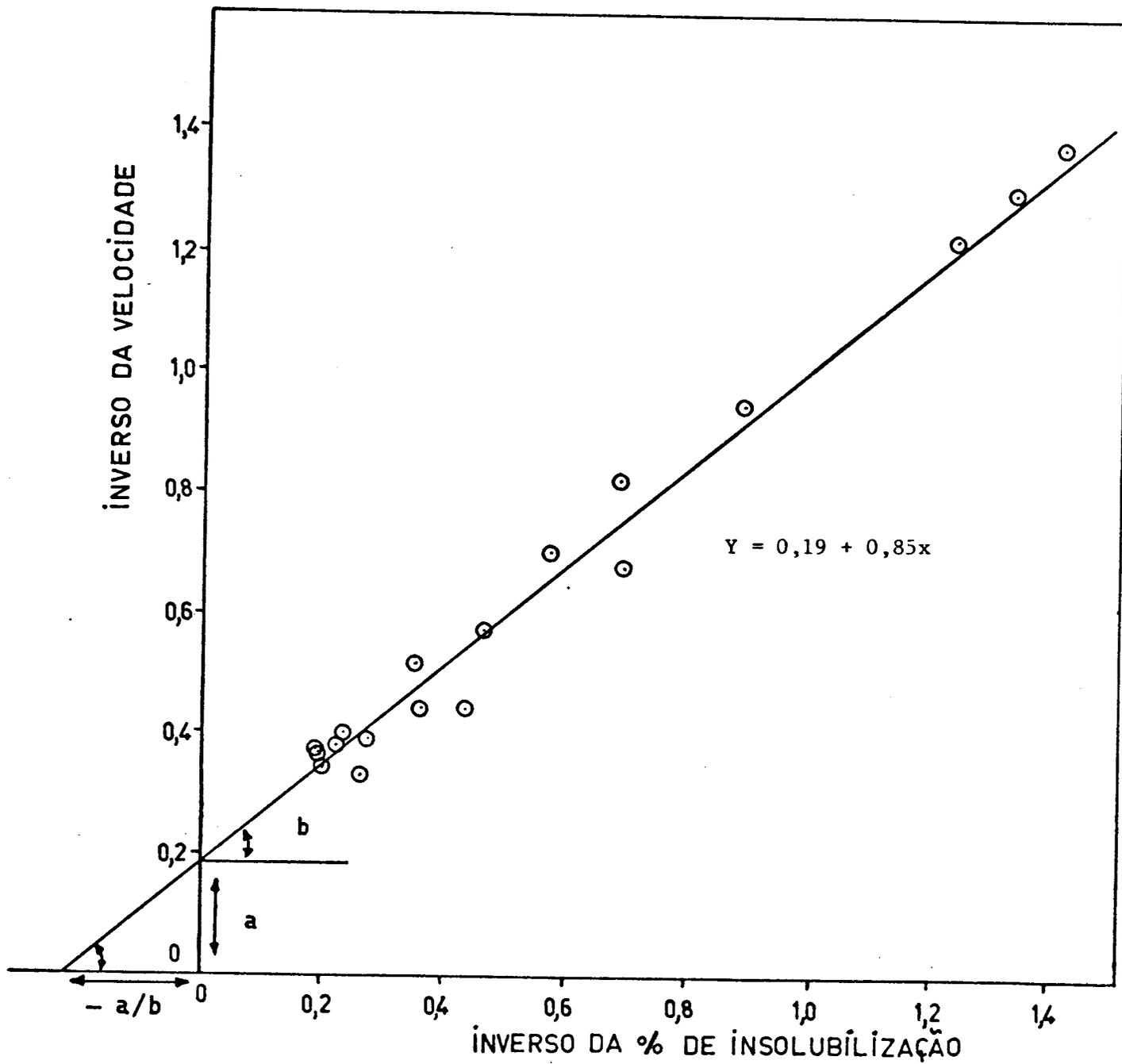


FIGURA XIIb - CURVA DO INVERSO DA VELOCIDADE E DA INSOLUBILIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE GEMA EM PÓ

FIGURA XIIb - AJUSTE DA CURVA

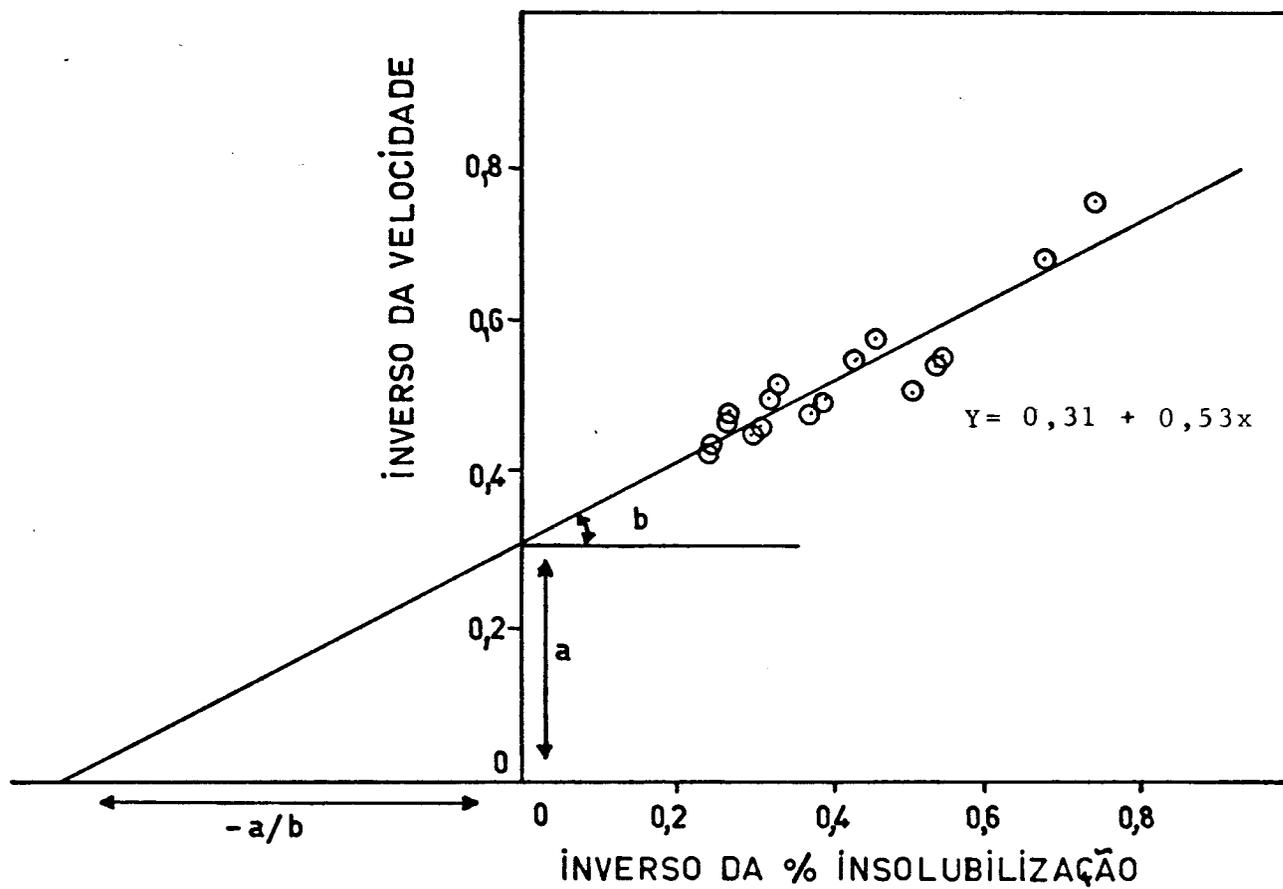
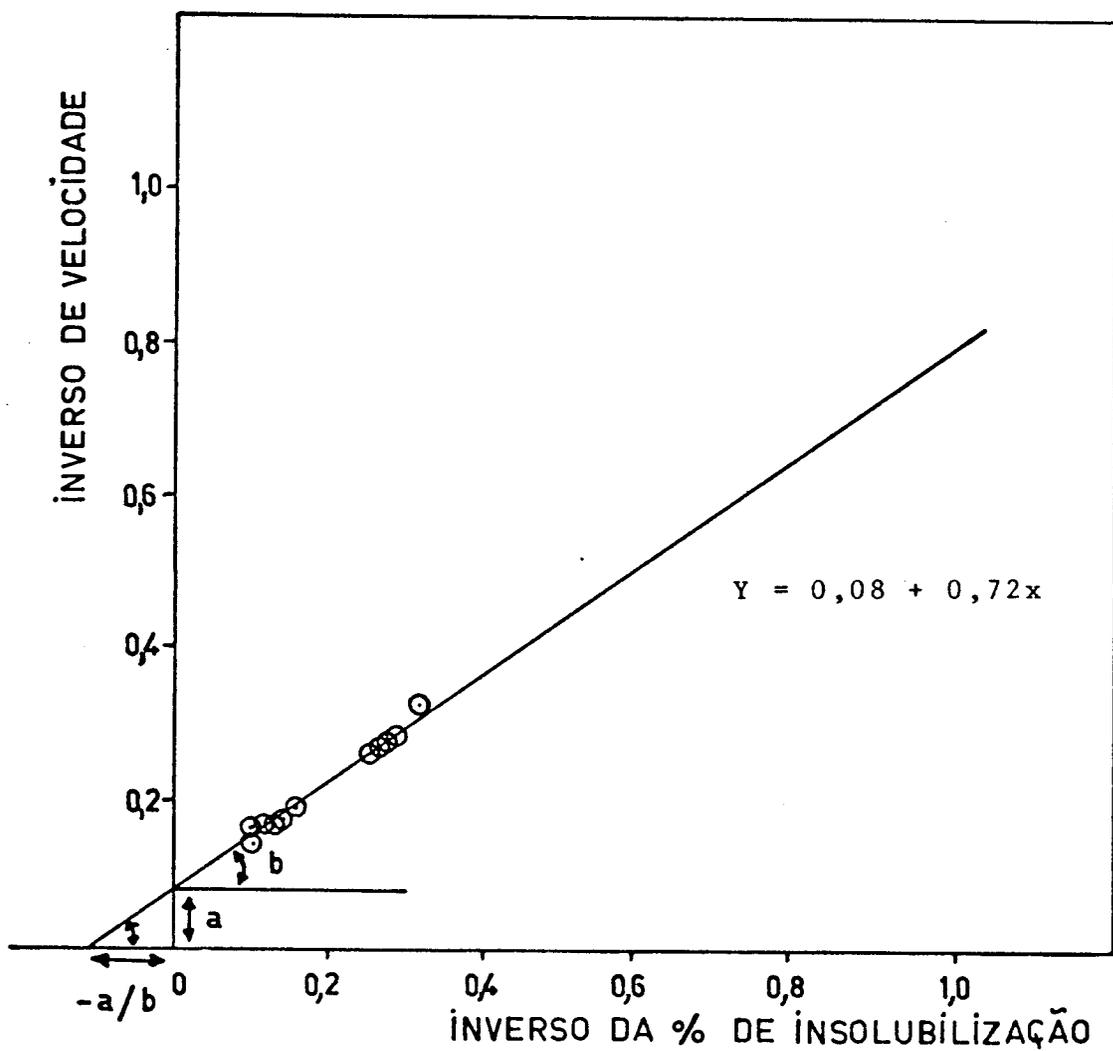


FIGURA XIIc - CURVA DO INVERSO DA VELOCIDADE E DA INSOLUBILIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE OVO INTEGRAL EM PÓ

FIGURA XIIIc - AJUSTE DA CURVA



X. APÊNDICES

X - APÊNDICE 1

BALANÇO DE MASSA NA SECAGEM DO OVO INTEGRAL LÍQUIDO

Taxa de massa do secador:

de entrada = Alimentação (F) + Ar de Entrada (G_e),

de saída = Produto (P) + Ar de Saída (G_s)

$$F + G_e = P + G_s$$

$$F - P = G_s - G_e = W_{ev} \text{ (taxa de água evaporada)} \quad (1)$$

$$G_s = G_{as} (1 + w_s) \quad G_e = G_{as} (1 + w_e)$$

$$G_s - G_e = G_{as} (w_s - w_e)$$

$$F - P = G_{as} (w_s - w_e) = W_{ev} \quad (1)$$

a b c d

DADOS - Experimento nº 4 (Tabelas XII, XIII e XIV):

$$F = 17,6 \text{ kg/h}$$

$$X_{Fss} = 0,2510 \text{ ----- } 4,42 \text{ kg/h ss}$$

$$X_{Fag} = 0,7490 \text{ ----- } 13,18 \text{ kg/h ag}$$

a) Taxa de Produto:

$$X_{Pss} = 0,9628 \text{ ----- } 4,42 \text{ kg/h ss}$$

$$X_{Pag} = 0,0372 \text{ ----- } \frac{0,17 \text{ kg/h ag}}{4,59}$$

$$P = 4,59 \text{ kg/h}$$

b) Taxa de Ar Seco: $G_{as} = 404,5 \text{ kg/h}$

c) Umidade absoluta do ar de saída: (w_s):

Equação de CARRIER, DAVIS (1969-1972)

$$P_v = P_{sat} - [(P_b - P_v)(T_{bs} - T_{bu}) / (1572,22 - 1,44 T_{bs})]$$

$$T_{bs} = 81,4^{\circ}\text{C}$$

$$P_b = 708,2\text{mm Hg}$$

$$T_{bu} = 43,5^{\circ}\text{C}$$

$$P_{sat} = P_{43,5^{\circ}\text{C}} = 66,525\text{mm Hg}$$

$$P_v = 50,415\text{mm Hg}$$

$$w_s = (M_{ag}/M_{ar}) (P_v/(P_b - P_v))$$

M: massa molecular

$$w_s = 0,0487\text{kg ag/kg as}$$

d) Umidade Absoluta do Ar de Entrada (w_e):

$$w_e = w_a + w_c$$

w_a (umidade ao ar ambiente)

$$T_{bs} = 20,5^{\circ}\text{C}$$

$$P_b = 708,2\text{mm Hg}$$

$$T_{bu} = 15,3^{\circ}\text{C}$$

$$P_{sat} = P_{15,3^{\circ}\text{C}} = 13,03\text{mm Hg}$$

aplicando as equações de c:

$$P_v = 10,70\text{mm Hg}$$

$$w_a = 0,0095\text{kg ag/kg as}$$

w_c (umidade formada na combustão do gás)

$$\text{GLP} = 1,8\text{kg/h} = \text{Propano} + \text{Butano}$$

$$\text{Propano} = 0,90\text{kg/h} \text{ ----- } 1,471\text{kg/h de água}$$

$$\text{Butano} = 0,90\text{kg/h} \text{ ----- } \frac{1,393\text{kg/h de água}}{2,864\text{kg/h} = w_c}$$

$$w_c = W_c/G_s \text{ ----- } w_c = 0,0071\text{kg ag/kg as}$$

$$w_e = 0,0166\text{kg ag/kg as}$$

Equação (1):

$$W_{ev} = F - P = 17,6 - 4,59 = 13,01\text{kg/h}$$

$$W_{ev} = G_{as}(w_s - w_e) = 404,5 (0,0487 - 0,0166) = 12,98\text{kg/h}$$

Diferença: 0,23%

X - APENDICE 2

BALANÇO DE ENTALPIA NA SECAGEM DE OVO INTEGRAL LÍQUIDO

Taxa de Entalpia de Entrada = Taxa de Entalpia de Saída + Perdas
alimentação + ar de entrada produto + ar de saída

$$\begin{array}{ccccccc} \Delta H_F + \Delta H_{Ge} & = & \Delta H_P + \Delta H_{Gs} & + & q_p & (1) \\ \mathbf{a} & & \mathbf{b} & & \mathbf{c} & & \mathbf{d} \end{array}$$

DADOS: Experimento nº 4 (Tabelas XII, XIII, XIV e Apêndice 1):

a) Taxa de Entrada da Alimentação (ΔH_F):

$$\begin{aligned} \Delta H_F &= F \cdot C_{pF}(T_F - T_r) & T_F &= T_r = 10,5^\circ\text{C} \\ & & C_{pF} &= 0,9\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\Delta H_F = \text{zero}$$

b) Taxa de Entalpia do Ar de Entrada (ΔH_{Ge}):

$$\begin{aligned} \Delta H_{Ge} &= G_{as} \cdot \Delta h_e & \Delta T &= T_e - T_r \\ \Delta h_e &= C_{pas} \cdot \Delta T + (C_{pv} \cdot \Delta T + h_{fg}) w_e & T_e &= 201,0^\circ\text{C} \\ \Delta h_e &= 56,96\text{kcal/kg} & h_{fg}(T_r) &= 591,3\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \\ & & w_e &= 0,0166\text{kg ag/kg as} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{Ge} = 23040\text{kcal/h}$$

c) Taxa de Entalpia do Produto (ΔH_P):

$$\begin{aligned} \Delta H_P &= P \cdot C_{pP}(T_P - T_r) & T_P &= 53,5^\circ\text{C} \\ & & & (\text{Tbu} + 10^\circ\text{C}) \\ P &= 4,59\text{kg/h} & C_{pP} &= 0,6\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\Delta H_P = 118,42\text{kcal/h}$$

d) Taxa de Entalpia do Ar de Saída (ΔH_{Gs}):

$$\Delta H_{Gs} = G_{as} \cdot \Delta h_s$$

$$\Delta h_s = C_{p_{as}} \cdot \Delta T + (C_{p_v} \cdot \Delta T + h_{fg}) w_s \quad \Delta T = T_s - T_r$$

$$T_s = 81,4^\circ\text{C}$$

$$\Delta h = 46,743\text{kcal/kg}$$

$$w_s = 0,0477\text{kg ag/kg as}$$

$$\Delta H_{Gs} = 18907,5\text{kcal/h}$$

Equação (1):

$$0 + 23040 = 118,42 + 18907,5 + q_p$$

$$q_p = 4014\text{kcal/h}$$

Perdas = 17,42% da entalpia do ar de secagem

X - APÊNDICE 3

TESTES REFERIDOS NO TEXTO

1. VALOR DE ÁGUA

Uma amostra de 2,2g de ovo integral em pó é dispersada em 100ml de água. Após uma hora de agitação, a mistura é filtrada; 20ml do filtrado são coagulados, a quente, e o coágulo levado à estufa a 110°C/16h. A massa do resíduo obtido é expressa em porcentagem da amostra inicial.

2. VALOR DE CLORETO DE POTÁSSIO

Uma amostra de 2,2g de ovo integral em pó é dispersada em 100ml de cloreto de potássio a 10%. Segue-se o mesmo procedimento do VALOR DE ÁGUA. A massa de sal usado é subtraída do precepitado seco.

3. MEDIDA DE FLUORESCÊNCIA

Uma amostra de 2,5g de ovo integral em pó, desengordurado por extração com clorofórmio, é agitada com solução de cloreto de potássio a 10%. O extrato é levado à um fotofluorímetro COLEMAN, para leitura do valor da fluorescência.

4. DETERMINAÇÃO REFRACTOMÉTRICA

Uma amostra de 4g de ovo integral em pó é extraída, duas vezes, com 40ml de éter de petróleo, temperatura de ebulição de 30 a 50°C. Uma alíquota de um grama da amostra é adicionada de 5ml de solução de cloreto de sódio a 5% e agitada (300rpm/2h). A leitura é feita no retômetro de ABBÉ, a 25°C.

5. ÍNDICE DE SOLUBILIDADE

Consiste na determinação do volume do coágulo obtido, a quente, do filtrado de uma suspensão de ovo integral em pó, em tampão acetato pH 4,6.

6. COMPOSTOS FLUORESCENTES SOLÚVEIS EM SAL

A amostra de ovo integral em pó é extraída com éter, em SOXHLET, e o resíduo é suspenso em solução de cloreto de potássio a 10%. A leitura da fluorescência é comparada com a da quinina.

7. DOSAGEM DO NITROGÊNIO SOLÚVEL - MÉTODO QUÍMICO

Uma amostra de 2g de ovo integral em pó é suspensa em 100ml de solução de cloreto de potássio a 10%, e submetida a 2h de agitação, seguida de centrifugação e filtração. Uma alíquota deste filtrado é usada para dosagem do nitrogênio solúvel, pelo método de KJELDAHL.

8. VALOR DO BATIMENTO

Uma amostra de 16g de ovo integral em pó é misturada com 60g de açúcar e adicionada de 57ml de água destilada. A mistura é agitada, com a menor velocidade numa misturadeira 'MIXIMASTER', por cinco minutos, e depois com máxima velocidade, por vinte minutos. O volume resultante da mistura constitui o Valor de Batimento.

9. PALATABILIDADE

As amostras de ovo integral em pó reconstituídas com água e coaguladas em um banho-maria, são degustadas por treze provadores. A referência da escala é dez para a amostra de ovo integral

fresco e zero para a amostra considerada com sabor repulsivo.

10. UNIDADE HAUGH (UH)

É uma expressão que relaciona o peso do ovo com a altura do al
bume mais espesso.

$$\text{Unidade Haugh} = 100 \log \left[H - \frac{\sqrt{G} (30W^{0,37} - 100)}{100} + 1,9 \right]$$

H - a altura do albume, em mm

G - constante = 32,2

W - peso do ovo, g

A altura do albume é medida com aparelho próprio.

Quanto mais elevado o valor Haugh melhor é a qualidade do albu
me do ovo. Valores ao redor de 80 UH indicam albume de boa
qualidade.

-
- FONTES: 1, 2, 3, 8 e 9 - THISTLHE, PEARCE & GIBBONS (1943);
4 - WHITE & GRANT (1943);
5 - STUART *et alii* (1945);
6 - KLINE *et alii* (1951);
7 - HAWTHORNE (1944);
10 - STADELMAN & COTTERILL (1977).

XI. NOMENCLATURA

		PÁGINA
a	- coeficiente linear	74
b	- coeficiente angular	74
b/a	- constante de MICHAELIS-MENTEN	106
Cp	- calor específico, kcal/kg °C	47,70,126,127
di	- diâmetro de qualquer partícula, μm	112
dm	- diâmetro médio das partículas, μm	118
E	- eficiência térmica	47,71
F	- alimentação do secador, kg/h	47,70,124,125,126
G	- vazão mássica ar, kg/h	47,71,124,125,126,127
h	- entalpia específica, kcal/kg	126,127
H	- entalpia, kcal	47,71,126,127
I	- insolubilização proteica, %	73,74
P	- taxa de produto, kg/h	124,125,126
Pb	- pressão barométrica, mm Hg	95,124,125
Psat	- pressão de saturação, mm Hg	95,96,124,125
Pv	- pressão de vapor, mm Hg	95,96,124,125
q_p	- taxa de calor perdido, kcal/h	126,127
r	- raio de correlação	115
S	- desvio padrão	115
t	- tempo, mês	74
T	- temperatura, °C	47,71,111,126,127,128
Tae, Tas	- temperatura de entrada e de saída, °C	111
Tbs, Tbu	- temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido, °C	47,71,95,96, 124,125,126
Te, Ts	- temperatura de entrada e de saída, °C	126,127
Tr	- temperatura de referência, °C	126,127
V	- velocidade de insolubilização, %I/mês	73,74
X_{Fag}	- fração de água da alimentação	124
X_{Fss}	- fração de sólidos secos da alimentação	124
X_{pag}	- fração de água do produto	124

PÁGINA

X_{Pss}	- fração de sólidos secos do produto	124
w	- umidade absoluta, kg água/kg ar seco	95,124,125,126
W	- taxa de água evaporada, kg/h	47,71,124,125,126

LETRAS GREGAS

Δ	- diferença	47,71,126,127,128
ϕ	- umidade relativa %	95

ÍNDICES

ae	- ar de entrada	47,71
as	- ar seco	124,125,126,127,128
e	- entrada	95,124,125,126
ev	- evaporada	47,71,124,125
F	- alimentação	47,71,126
fg	- mudança de estado	126
máx	- máxima	75,106
P	- produto	125,127
s	- saída	124,125,127
Tbu	- temperatura de bulbo úmido	47,71,96

ABREVIações

abs.	- absoluta	96
a.s.	- ar seco	69
ag.ev.	- água evaporada	69,86,111
aquec.	- aquecimento	81,82
cis.	- cisalhamento	108
GLP	- gás liquefeito do petróleo	62,125
ins.	- insolubilização	86,103,111
ss	- sólidos	111
vol.	- volume	111

X I I. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADE-JOHN, A.O. & JEFFREYS, G.V. (1978). Flow visualization and residence time studies in a spray dryer. *Trans Chem. Eng.* 56, 36-42.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis.* 1980-13a. ed., Horwitz. Washington, EUA.
3. AYRES, J.C. (1958). Methods for depleting glucose from egg albumen before drying. *Fd. Technol.* 12, 186-189.
4. BALDWIN, R.R., CAMPBELL, H.A., THIESSEN Jr., R. & LORANT, G.J. (1953). The use of glucose oxidase in the processing of foods with special emphasis on the desugaring of egg white. *Fd. Technol.* 7, 275-282.
5. BATE-SMITH, E.C., BROOKS, J. & HAWTHORNE, J.R. (1943). Dried Egg. Part I. The preparation, examination and storage of spray-dried whole egg. *J. Soc. Chem. Ind.* 62, 97-100.
6. BECHTEL, P.J., PALMITKAR, M.P., HELDMAN, D.P & PEARSON, A. M. (1971). Bound water determination using vacuum differential scanning calorimetry. *J. Fd. Sci.* 36, 84-86.
7. BELCHER, D.W., SMITH, D.A. & COOK, E.M. (1963). Design and use of spray dryers. Part I. Principles and applications. *Chem. Eng.* 1963. Copyright McGraw Hill, EUA.

8. BELCHER, D.W., SMITH, D.A & COOK, E.M. (1963a). Design and use of spray dryers. Part II. Design and costs. Chem. Eng. (1963). Copyrighth MacGraw Hill, EUA.
9. BERQUIST, D.H. & STEWART, F. (1952). Surface formation and shear as factors affecting the beating powder of egg white. Fd. Technol. 6, 262-264.
10. CARLIN, A.F. & AYRES, J.C. (1951). Storage studies on yeast-fermented dried egg white. Fd. Technol. 5, 172-175.
11. CHANG, P.K. (1973). Effect of poliphosphates on the functional properties of spray-dried egg albumen. J. Fd. Sci. 38, 239-242.
12. CLINGER, C., YOUNG, A., PRUDENT, I. & WINTER, A.R. (1951). The influence of pasteurization, freezing and storage on the functional properties of egg white. Fd. Technol. 5, 166-170.
13. CONFORD, S.J., PARKINSON, T.L. & ROBB, J. (1969). Rheological characteristics of processed whole egg. J. Fd. Technol. 4, 353-361.
14. COTTERILL, O.J., GLAUERT, J. & FRONING, G.W. (1978). Nutrient composition of spray-dried egg products. Poultry Sci. 57, 439-432.
15. CUNNINGHAM, F.E. (1972). Viscosity and functional ability of diluted egg yolk. J. Milk & Fd. Technol. 35, 615-617.
16. DAVIS, J.C. (1969-1972). ASHRAE Brochure on Psychrometry. Cap. III. Detailed discussion on the dry and wet bulb psychrometer. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., N.Y., EUA.

17. DAWSON, E.H., WOOD, E.A. & McNALLY, E.H. (1947). Spray dried egg improved with carbohydrates. *Fd. Inds.* 4, 483-485.
18. FOOD & AGRICULTURAL ORGANIZATION of the UNITED NATIONS (1982). *FAO Production Yearbook. Statistics Series N° 70.* Roma, Itá lia.
19. FOOD & AGRICULTURAL ORGANIZATION of the UNITED NATIONS (1986). *FAO Production Yearbook. Statistics Series N° 70.* Roma, Itá lia.
20. GARIBALDI, J.A., DONOVAN, J.W., DAVIS, J.G. & CIMINO S.L. (1968). Heat desnaturation of the ovomucin-lisozyme eletrostatic com plex - a source of damage to the whipping properties of pas teurized egg white. *J. Fd. Sci.* 33, 514-524.
21. GAUVIN, W.H. & KATTA, S. (1976). Basic concepts of spray dri er design. *AICHE J.* 22, 713-723.
22. GREENE, J.W., CONRAD, R.M., OLSEN, A.L. & WAGONER, C.E. (1948). Production of stable-dried egg powder. *Chem. Eng. Progress* 44, 591-602.
23. HAMID-SAMIMI, M., SWARTZEL, K.R. & BALL Jr., H.R. (1984). Flow behavior of liquid whole egg during thermal treatment. *J.Fd. Sci.* 49, 132-136.
24. HAWTHORNE, J.R. (1944). Dried egg. VII. Methods for deter mination of the solubility and baking properties of dried who le egg. *J. Soc. Chem. Ind.* 63, 6-8.
25. HAWTHORNE, J.R. & BROOKS, J. (1944). Dried egg. VIII. Re moval of the sugar of the pulp before drying. A method of improving the storage life of spray-dried whole egg. *J.Soc. Chem. Ind.* 63, 232-234.

26. HOLDSWORTH, S.D. (1971). Applicability of rheological models to the interpretation of the flow and processing behaviour of fluid food products. *J. Texture Studies* 2, 393-418.
27. HOLDSWORTH, S.D. (1971a). Dehydration of food products. A review. *J. Fd. Technol.* 6, 331-370.
28. HOLLAND, C.R. & McCANN, J.B. (1980). Heat recovery in spray drying systems. *J. Fd. Technol.* 15, 9-23.
29. HORN, J.D. (1977). Egg as a raw material. *Chem. & Ind.* 4, 437-440.
30. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1982). Anuário Estatístico do Brasil. Sec. Plan. Pres. Rep.
31. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1986). Anuário Estatístico do Brasil. Sec. Plan. Pres. Rep.
32. INTERNATIONAL ASSOCIATION OF MILK, FOOD, AND ENVIRONMENTAL SANITARIANS (1975). E-3-A Sanitary standards for plate type heat exchangers for fluid egg products. Serial e-1100. *J. Milk & Fd. Technol.* 38, 244-245.
33. JOHNSON, T.M. & ZABIK, M.E. (1981). Egg albumen proteins in terations in an angel food cake system. *J. Fd. Sci.* 46, 1231-1236.
34. KAUFMAN, V.F. (1972). Locating leaks in egg pasteurizers. *J. Milk Fd. Technol.* 35, 461-461.
35. KAUFMAN, V.F. (1972a). Model of slug flow holder for commercial egg pasteurization. *J. Milk Fc. Technol.* 35, 725-729.
36. KILARA, A. & SHAHANI, K.M. (1973). Removal of glucose from eggs. A review. *J. Milk Fd. Technol.* 36, 509-513.

37. KLINE, L. & SONODA, T.T. (1951). Role of glucose in the storage deterioration of whole egg powder. I. Removal of glucose from whole egg melange by yeast fermentation before drying. *Fd. Technol.* 5, 90-94.
38. KLINE, L., GEGG, J.E. & SONODA, T.T. (1951). Role of glucose in the storage deterioration of whole egg powder. II. A browning reaction involving glucose and cephalin in dried whole eggs. *Fd. Technol.* 5, 181-187.
39. KLINE, L., HANSON, H.L., SONODA, T.T., GEGG, J.E., FEENEY, R.E. & LINEWEAVER, H. (1951). Role of glucose in the storage deterioration of whole egg powder. III. Effect of glucose removal before drying on organoleptic, baking, and chemical changes. *Fd. Technol.* 6, 323-331.
40. KOHL, W.F. (1971). A new process for pasteurizing egg white. *Fd. Technol.* 25, 102-110.
41. LABUZA, T.P. (1968). Sorption phenomena in foods. *Fd. Technol.* 22, 263-272.
42. LABUZA, T.P. (1976). Technology improves on the sun. *Fd. Technol.* 30, 37-8, 42-4, 46.
43. LEITÃO, M.F.F. (1987). I Seminário de Atividade de água em alimentos. Publicação Inst. Tec. Alimentos (ITAL). Campinas, Brasil.
44. LIEU, E-H., FRONING, G.W. & DAM, R. (1978). Marketing & Products. Effect of storage on lipid composition and functional properties of dried egg products. *Poultry Sci.* 57, 912-923.
45. LIGHTBODY, H. & FEVOLD, H.L. (1948). Biochemical factors influencing the shelf life of dried whole eggs and means for

their control. Adv. Fd. Res. 1, 149-202. Academic Press.,
EUA.

46. LYNE, C.V. (1971). A review of spray drying. Brit. Chem. Eng. 16, 370-373.
47. MACDONNELI, L.R., FEENEY, R.E., HANSON, H.L., CAMPBELL, A. & SUGIHARA, T.F. (1954). The functional properties of the egg proteins. Fd. Technol. 8, 49-53.
48. MAKOWER, B. (1945). Vapor pressure of water adsorbed on dehydrated eggs. Ind. & Eng. Chem. 37, 1018-1022.
49. MARTUCCI, E.T. (1986). Redução de glicose no ovo líquido. II Con. Panam. Ing. Agron. y Alim. - XIX Conv. Union Panam. Ing. - UPADI. Publicação CONFEA/CREA, Guatemala.
50. MARTUCCI, E.T. (1988). Analytical approach for spray egg products. Abs. Intern. Biotech. Symp. 218-C20. Paris, França.
51. MASTERS, K. (1968). Successful application of spray drying is due in part to much improves knowledge and control of drop atomization, spray air contact and drop evaporation. Ind. & Eng. Chem. 60, 53-63.
52. MASTERS, K. (1972). Spray drying. An introduction to principles, operation practice and applications. Leonard Hill Brooks, Ia. ed., Londres, Inglaterra.
53. MASTERS, K. (1980). Foodstuffs - where spray drying plays a role. A/S Niro Atomizer, Copenhagen, Dinamarca.
54. MENEGAZZI, G.S. & INGLEDEW, W.M. (1980). Heat processing of spent brewer's yeast. J. Fd. Sci. 45, 182-186.

55. MURTHY, G.K. (1970). Thermal inactivation of alfa-amilase in various liquid egg products. J. Fd. Sci. 35, 352.
56. PALMER, H.H., IJICHI, K. & ROFF, H. (1970). Partial thermal reversal of gelation in thawed egg yolk products. J. Fd. 35, 403-406.
57. PARKINSON, T.L. (1975). Effects of spray drying and freezing on proteins of liquid whole egg. J. Sci. Fd. Agric. 26, 1625-1637.
58. PAYAWAL, S.R., LOWE, B. & STEWART, G.F. (1946). Pasteurization of liquid egg product. II. Effect of heat treatments on appearance and viscosity. Fd. Res. 11, 246-260.
59. PARTI, M. & PALANCZ, B. (1974). Mathematical model for spray drying. Chem. Eng. Sci. 29, 355-362.
60. PHILIP, T., WEBER, C.W. & BERRY, J.W. (1976). Rapid measurement of egg yolk color. Fd. Technol. 29, 58-59.
61. PILEGARD-HANSEN, J. (1964). Food industry and spray drying. A survey. Seminar on the food canning and preserving industry. Tech. Board of Tech. Coop. with United Nations.
62. PITSILIS, J.G., WALTON, H.V. & COTTERILL, O.J. (1975). The apparent viscosity of egg white at various temperatures and pH levels. ASAE Trans. 18, 347-349.
63. REAGAN, J.C. & DAWSON, L.R. (1970). Measuring the seize of the dried egg particles by eletronic means. J. Fd. Sci. 35, 424-425.
64. ROMANOFF, A.L. & ROMANOFF, A.J. (1963). The avian egg. 2^a ed. John Wiley & Sons, N.Y., EUA.

65. SAGUY, I. & KAREL, M. (1980). Modeling of quality deterioration during food processing storage. *Fd. Technol.* 35, 79-81.
66. SCALZO, A.M., DICKERSON, R.W., READ Jr., R.B. & PARKER, R. W. (1969). Residence time of egg products in holding tubes of egg pasteurizers. *Fd. Technol.* 23, 80-82.
67. SHARMA, C.S. (1979). Mathematical modeling of visco - elastic characteristics of egg yolk. *J. Fd. Sci.* 44, 1123-28.
68. STADELMAN, W.J. & COTTERILL, O.J. (1977). *Egg Science & Technology*. 2a. ed., AVI Publishing Co., EUA.
69. STUART, L.S., GORESLINE, H.E., SMARTH, H.F. & DAWSON, V.T. (1945). Quality of egg powder affects rate of change in solubility. *Fd. Inds.* 17, 154-6, 242.
70. THISTLE, M.W., PEARCE, J.A. & GIBBONS, N.E. (1943). Dried whole egg powder. I. Method of assessing quality. *Can. J. Res.* 21 D, 1-7.
71. TSARIKOV, N.N., LYALIN, V.A., VOLGIN, V.D. & NAZAROV, V.D. (1979). *Fd. Sci. & Technol. Abs.* 10 Q, 144.
72. TUNG, M.A., WATSON, E.L. & RICHARDS, J.F. (1971). Rheology of egg albumen. *Trans. ASAE* 14, 17-19.
73. WHITE, H.M. & GRANT, G.A. (1943). Dried whole egg powder. III. A refratometric method for the determination of solubility. *Can. J. Res.* 21 D, 303-210.
74. WHITE, W.H. & THISTLE, M.W. (1943). Dried whole egg powder. II. Effect of heat treatment on quality. *Can. J. Res.* 21 D, 194-202.

75. WHITE, W.H. & THISTLE, M.W. (1943a). Dried whole egg powder. IV. Effect of moisture content on keeping quality. *Can. J. 21 D*, 221-222.
76. WINTER, A.R., GRECO, P.A. & STEWART, G.F. (1946). Pasteurization of liquid-egg product. I. Bacteria reduction in liquid whole egg and improvement in keeping quality. *Fd. Res. 11*, 229-245.
77. WINTER, A.R., STEWART, G.F. & WILKIN, M. (1948). Pasteurization of liquid-egg product. IV. Destruction of Coliforms. *Fd. Res. 13*, 11-18.
78. WOODS, F.C. & KINSELLA, J. E. (1980). Protease from *Saccharomyces carlbergensis*: activity on food proteins. *J. Fd. Sci. 45*, 1200-1202.