



FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

COMPORTAMENTO DE SOLUTOS EM  
PRODUTOS HORTICOLAS DE  
UMIDADE INTERMEDIARIA

Fanny Villamizar de Borrero  
Engenheiro Agrícola

Orientador:

Prof.Dr. José Luiz V. da Rocha

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e  
Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obten-  
ção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Campinas, Estado de São Paulo, Brasil

Com imenso carinho

Ao OSCAR, meu esposo e meu filhinho, CARLOS ANDRES.

# ÍNDICE

pg.

Resumo

Summary

I . INTRODUÇÃO . . . . .	1
II . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .	2
2.1 Aspectos Gerais sobre os Alimentos de Umidade Intermediária . . . . .	4
2.2 Comportamento físico-químico da água nos alimentos . . . . .	6
2.3 Fatores que Intervem na Redução da Aw. . . . .	13
2.4 Preparação de Alimentos de Umidade Intermediária através de Equilíbrio . . . . .	20
2.5 Noções Gerais sobre a Desidratação Osmótica . . . . .	24
III. MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .	29
3.1 Materiais . . . . .	29
3.2 Métodos . . . . .	30
IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . . .	41
4.1 Identificação da Matéria Prima . . . . .	41
4.2 Escaldamento . . . . .	43
4.3 Estudo de Solutos . . . . .	49
V. CONCLUSÕES . . . . .	96
VI . BIBLIOGRAFIA . . . . .	98

## RESUMO

A conservação de produtos perecíveis (frutas ou verduras) constitui importante área de tecnologia de alimentos, e vários são os processos empregados para a conservação e manutenção das qualidades desses alimentos.

Uma nova técnica vem sendo pesquisada, baseada na redução da atividade de água ( $A_w$ ), a níveis seguros de inativação microbiológica e teores de umidade intermediária desses produtos, mediante a utilização de solutos tais como o sal, o açúcar e o glicerol.

Procurou-se estudar a ação individual de cada um desses solutos ou suas misturas em diferentes concentrações e tempos de imersão, com a finalidade de reduzir a atividade de água de vagem "manteiga" (Phaseolus vulgaris L), até um valor de 0.65.

O produto depois de selecionado e picado em pedaços de 20 mm, foi escaldado em água a  $85^{\circ}\text{C}$  durante 2 minutos, e colocado em imersão, nas diferentes concentrações de solutos, em tempos de 9 ou 24 horas.

Os parâmetros de avaliação durante o desenvolvimento do processo foram a  $A_w$ , a perda de peso e o teor de umidade.

A pesquisa foi complementada com determinações de dosagem de cloreto de sódio no produto obtido, testes de rei

dratação a frio e o quente bem como análises microbiológicas durante o período de 4 1/2 meses de armazenagem.

Os resultados demonstraram ser viável empregar-se o processo de redução de atividade de água em vagem manteiga até um nível de umidade intermediária, a partir da mistura dos solutos: sal 50%, glicerol 40%, açúcar 10%, após 9 horas de imersão, complementando-se com secagem de ar aquecido a 55<sup>o</sup>C. Nestas condições a vagem apresentou um valor de  $A_w = 0.65$  e aproximadamente 48% de umidade.

## SUMMARY

The conservation of perishable products (fruits and vegetables) is a very important field in food technology. Several conservation processes are utilized to maintain the qualities of these products.

A new conservation technique, based in the reduction of the water activity ( $A_w$ ) to low levels to assure microbiological inactivation at intermediate moisture levels presents some advantages. The reduction of the water activity is obtained by using solutes like salt, sugar or glycerol, complemented with air drying.

The individual action of each of these solutes and several mixtures among them were studied to reduce the water activity of green beans "manteiga" (*Phaseolus vulgaris*, L.) to the value of 0.65. Different concentrations of the solutes and their mixtures and different immersion times were considered.

The products, after being selectionated and cut in cubes of 20 mm, were scalded in water at 85°C during 2 minutes and immersed in the solutions with different concentrations in times of 9 or 24 hours.

The variables measured during the experiments were the water activity, the weight reduction and the product water content.

The study was complemented with a) the determination

of sodium chloride content in the final product, b) the study of rehydration in cold and hot medium and c) the micro-biological analysis during the storage period of 4.5 months.

Results showed the viability of the processes employed. In effect, it was possible to reduce the water activity of green bean "manteiga" to 0.65 at intermediate moisture content values by immersing the scalded product during 9 hours in the following solution: salt 50%, glycerol 40%, sugar 10%. The process was completed by drying the product to 48% moisture content in air at 55°C.

## I. INTRODUÇÃO

Dentre os métodos aplicados no processamento de alimentos através de diversas tecnologias, o do controle do teor de umidade é um dos mais antigos e de grande eficiência. Esse método que exerce controle sobre a água contida no alimento e o seu comportamento físico-químico e biológico, a quantidade e a forma em que a água se encontra no mesmo, dá nascimento a uma série de implicações de caráter químico, físico-químico, biológico, funcional, etc, algumas das quais de grande vantagem e oportunidade na Tecnologia de Alimentos.

Encontram-se na bibliografia estudos diversos encaminhados a eliminar ou em modificar o estado inicial da água no meio, tal como a secagem, quando a água é removida diretamente do alimento por vaporização; a congelação convertendo-se a água em gelo, impossibilitando-a aos diferentes microorganismos; e as reações químicas mais rápidas, a adição de substâncias solúveis, como açúcar e o sal, às carnes, pescados e frutas, de modo a impedir o desenvolvimento microbiológico e deter a marcha das alterações químicas. (2,20)

Mesmo depois de processados, poderá verificar-se o crescimento microbiológico e as alterações químicas



afetando a qualidade e o valor nutricional dos alimentos (20).

Os estudos sobre o comportamento de  $H_2O$  como tal, e como agente quimicamente ativo em um meio complexo como pode ser o dos alimentos, são de data relativamente recente.

Não resta dúvida que existe uma relação entre o teor de umidade e a rapidez dos processos da deterioração dos alimentos, diretamente proporcional à forma em que esta se encontre, seja livre ou ligada, viável ou não para certas relações químicas e/ou biológicas.

O grau de liberdade ou de ligamento da água do alimento é definido por "atividade da água" ou  $A_w$ , mais proximamente relacionada com a estabilidade da molécula de  $H_2O$  no alimento do que com o teor total de umidade. Conhecendo e controlando o  $A_w$  de um alimento pode-se chegar a condições ditas de umidade intermediária, que permitem preservar alimentos por períodos de armazenagem prolongados, como fator dominante, que as condições de UI dão ao alimento características de aceitação altamente desejáveis, podendo ser consumidos como tal, sem necessidade de prévia reidratação.

Dentro desta premissa pretende-se neste estudo procura-se investigar condições ou metodologias favoráveis à preservação dos alimentos altamente perecíveis, se

tor esse da pesquisa até agora pouco experimentado e aplicável e alimentos de uso diário e conseqüentemente com as características de aceitação, custo e hábitos desejáveis na dieta local.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos Gerais Sobre os Alimentos de Umidade Intermediária

A expressão "alimentos de umidade intermediária" entrou no vocabulário da tecnologia própria, na década passada, para identificar um grupo heterogêneo de produtos com aparência de produtos secos quanto à sua resistência à deterioração microbiológica, mas com um teor de umidade maior do que aquele que define produtos secos. Estes são conhecidos e utilizados pelo homem desde tempos imemoriais; outros produtos derivados ou não de frutas, com características de umidade intermediária incluem os doces, os marshmallows, gelatinas e geléias, produtos diversos de confeitaria como os pães de frutas, molhos secos, etc., conhecidos há muitos anos, normalmente com percentagens de 20 a 30% de água são resistentes à deterioração microbiológica, não necessitam ser conservados por outros métodos comuns, podendo ainda ser consumidos "como são" com ou sem reidratação. (5,10,12)

Na maioria dos casos os teores de umidade são menores do que 50%, mesmo assim proporcionando condições de proteção contra a ação dos microorganismos. (19)

### 2.1.1 Características dos Alimentos de Umidade Intermediária

Os alimentos de umidade intermediária caracterizam-se por ser plásticos, facilmente mastigáveis não dando a sensação oral de secura, características essas que contrastam com os produtos desidratados convencionais, cuja estrutura rígida e textura os afastam muito dos produtos frescos. (5).

Embora se apresentem microbiologicamente inativos estão sujeitos às alterações químicas desfavoráveis que se observam nos alimentos totalmente desidratados, como por exemplo maior sensibilidade à reação de Maillard, menor susceptibilidade à oxidação das gorduras, etc. (22) As mesmas precauções devidas à inativação das enzimas são prescritas, já que os alimentos de umidade intermediária são sensíveis às reações enzimáticas. (1,2)

Os conceitos básicos para a preparação dos alimentos de umidade intermediária são conhecidos de longa data, porém o seu desenvolvimento comercial se iniciou com os alimentos para animais domésticos. (4,5,12)

### 2.1.2 Vantagens dos Alimentos de Umidade Intermediária

Devido ao seu baixo conteúdo de umidade consideram-se como concentrados, desde o ponto de vista do peso, de

vidade e conteúdo calórico; são plásticos e podem ser compactados para dar condições uniformes de embalagem e armazenagem, fato que favorece sua utilização em situações especiais; podem ser consumidos diretamente sem necessidade de nenhuma preparação adicional, especialmente se o fator tempo de preparação da refeição é muito importante. (5)

## 2.2 Comportamento físico-químico da água nos alimentos

### 2.2.1 Atividades de Água (Aw)

Um dos principais problemas de preservação dos alimentos reside na prevenção ao crescimento de microrganismos nos mesmos. (4) A viabilidade de água para a germinação esporogênea e o crescimento microbiológico estão intimamente relacionados com sua pressão de vapor relativa, comumente chamada atividade de água. (5)

A atividade de água define-se como a relação entre a pressão de vapor de água (P) no alimento e a pressão de água pura à mesma temperatura ( $P_0$ );  $A_w = P/P_0$  (4,5,12, 15,20). Para Jabuza (20) a  $A_w$  é igual à unidade relativa de equilíbrio do alimento com seu ambiente (ERM %).

A ligação, imobilização ou restrição de qualquer outra condição imposta sobre o comportamento da água presente no alimento, pode ser causada por diversos fatores, tais como a natureza e concentração dos componentes dissol

vidos; o número e a capacidade de interligação dos resíduos polares, incluindo aqueles com coeficientes negativos (5); a conformação de áreas hidrofóbicas e hidrofílicas; e, presumivelmente os mecanismos que alteram a estrutura da água por si mesma. (4)

Entende-se assim que, por atividade química da água denomina-se a concentração efetiva como um fator de reação química. (3) A relação dada por Bone (3), Kermas (13) e Kaplow (12) que define a atividade da água como o número de mols da água ( $N_w$ ), dividido pelo número de mols da água mais o número de mols de solutos ( $N_s$ ), também é válida;  $A_w = \frac{N_w}{N_w + N_s}$ .

Desta forma alimentos com diferentes atividades de água podem possuir quantidades diferentes de água ligada ou retida. Esta relação chama-se isoterma de absorção e define o teor de umidade (M), em equilíbrio com os diferentes valores de  $A_w$ , ou percentagem de umidade relativa de equilíbrio à temperatura constante. (5,15,20) A figura nº 1 mostra a relação entre o teor de água e o URE nos grupos de umidade normal nos alimentos.

A maioria dos alimentos tem um alto teor de umidade e, conseqüentemente, a atividade de água também é alta, comportando-se em forma similar à da água pura. (12,20) Nessas condições de atividade a deterioração poderá ser causada por processos enzimático, químico e microbiológico (15). Ver figura nº 3.

Reduzindo o teor de umidade a menos de 50% (em ba

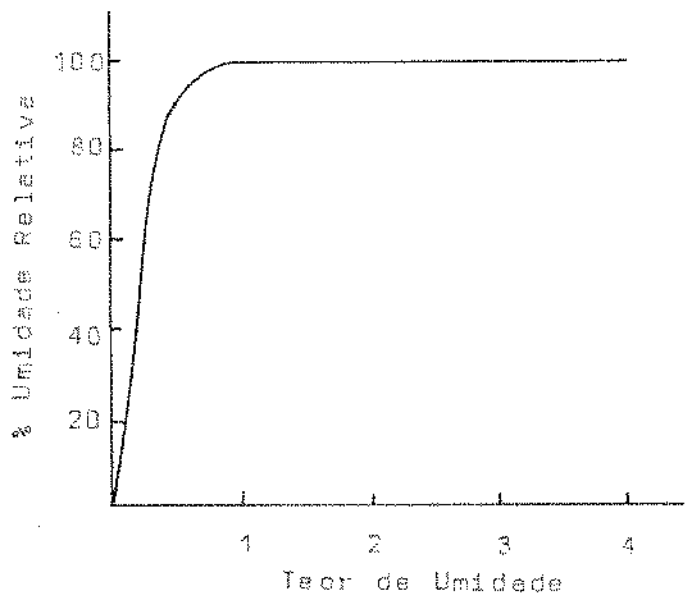


Figura 1. Conteúdo de Água - Atividade de Água de Alimentos

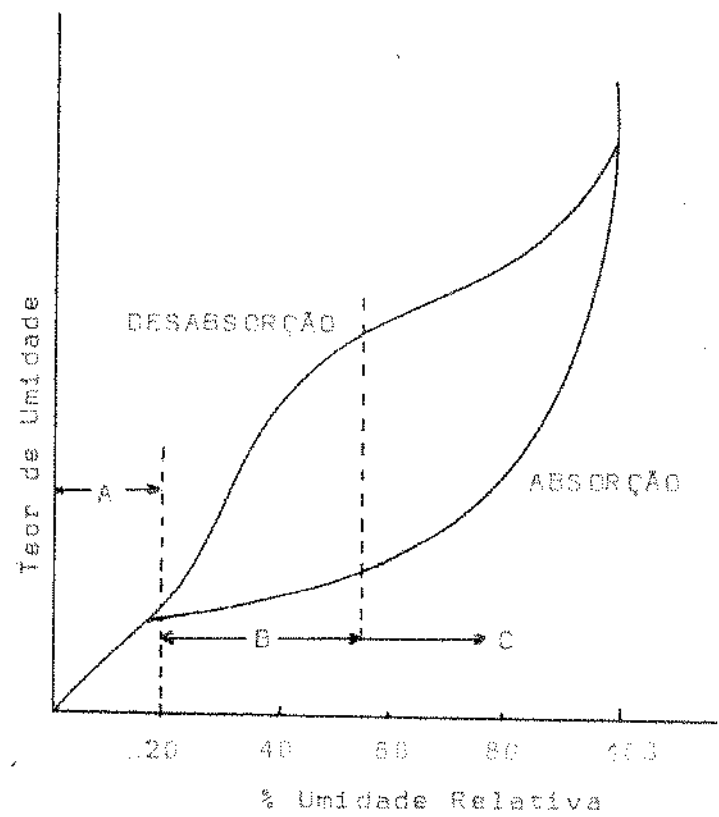


Figura 2. Isoterma de absorção de um alimento, apresentando \* histerese.

se úmida), a atividade de água cai sensivelmente, devido a vários fatores físico-químicos. A figura nº 2 indica a atividade de água nesta região. (15)

O significado físico, em termos de  $A_w$ , pode ser dividido em três regiões:

- a) uma região de uma só camada de água cujo domínio vai de 5 a 10% de água (Região A),
- b) uma região de várias camadas (Região B) e que estende-se desde o ponto onde a isoterma mostra um rápido incremento no teor de umidade,
- c) uma região de condensação capilar (Região C) na qual a água condensa-se na estrutura porosa do alimento e atua como solvente para vários solutos. (15)

## 2.2.2 Processos que Limitam a Estabilidade de um Alimento

### 2.2.2.1 Químicos

A figura nº 3, representa as curvas generalizadas da interdependência de algumas reações, comumente chamado "mapa de estabilidade para alimentos desidratados e umidade intermediária". Observa-se que a oxidação dos lipídios, causadores de rancidez, é mais rápida em baixos teores de umidade, decresce com o incremento de umidade e com altos teor-



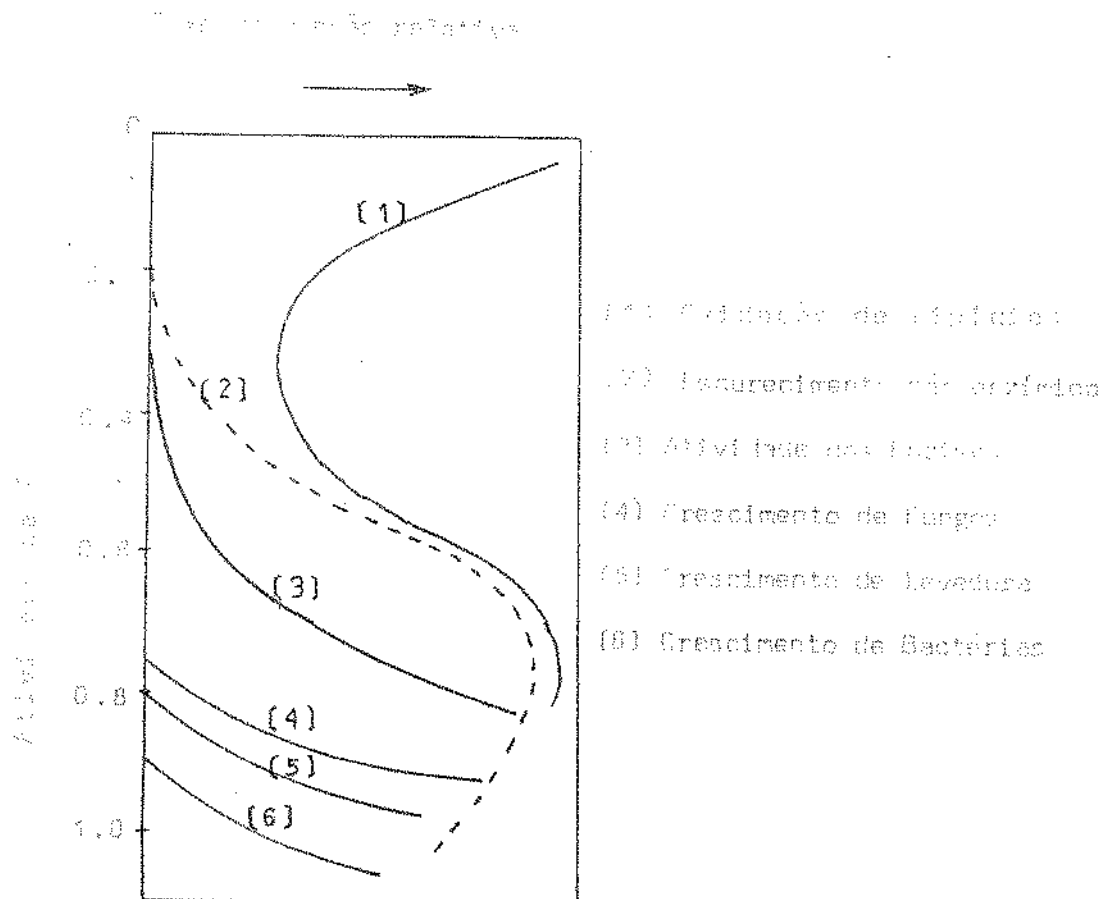


Figura 1. - Perfil de umidade relativa em função do tempo para diferentes condições de inoculação e crescimento de microrganismos em um meio de cultura.

res de umidade aumenta novamente. (15,17,18,22)

O escurecimento não enzimático, que envolve a reação entre os grupamentos carbonil e amino, incrementa-se quando a umidade cresce acima do nível de umidade intermediária, decrescendo em seguida.

Estas reações químicas são as que aparentemente apresentam as maiores barreiras limitantes da estabilidade dos alimentos de umidade intermediária. (2,15,22)

Labuza et al (15) encontraram que com  $A_w$  entre 0.6-0.7 a sacarose, em presença de água, hidroliza-se produzindo açúcar redutores, os quais demonstram grande potencial para a reação de escurecimento. Mesmo em um sistema estável pode-se ter escurecimento não enzimático durante a armazenagem; a baixas temperaturas a taxa de escurecimento é lenta, alcançando seu ponto máximo ao nível dos teores de água dos alimentos de umidade intermediária. A possível explicação é que a quantidade máxima de solutos que podem ser dissolvidos está em solução, devido ao aumento do teor de água, o que está de acordo com as leis de adição de massas, que as taxas de reação são proporcionais à concentração.

Duas categorias do comportamento da água nas reações químicas se destacam:

- a água dissolvente, na qual os solutos podem solubilizar-se serem transportados e reagir.

- a água reagente como fator ativo de reações específicas.

A água pode atuar como dissolvente sempre em alta  $A_w$ , e uma de suas características é a dissolução de materiais, permitindo difusão, devido ao estabelecimento de gradientes de concentração. (15,16)

Duckworth et al (9), mostraram que, sempre em tecidos de água próximos aos da monocamada, todos os compostos solúveis em água, tem substancial mobilidade nos alimentos secos, apesar das diferenças de interação com os mesmos.

#### 2.2.2.2 Microbianos

Outro e talvez o mais importante fator na estabilidade dos alimentos de umidade intermediária, é o desenvolvimento de microorganismos, que acontece em altas atividades de água. Ver figura nº 2. (15,18,20)

A relação entre a  $A_w$  com o crescimento de mofo, leveduras, e bactérias se apresenta no estudo de Bone (4), apresentando valores baixo os quais o crescimento de microorganismos não pode acontecer.

Organismo	Aw
Bactérias	0.80
Leveduras	0.80
Mofos	0.80
Bactérias Halofílicas	0.75
Bactérias Xerofílicas	0.65
Leveduras Osmofílicas	0.61

\* Fonte: Bone (1973), Labuza (1972).

### 2.3 Fatores que Intervem na Redução da Aw

Os fatores físico-químicos responsáveis pela redução da Aw, foram estudados por vários pesquisadores, entre eles Van Arsdel (33) e Labuza. (14,16) Todos estão relacionados com as interações dos solutos com a água. (20)

- O fator básico na redução da Aw, quando um soluto tal como o NaCl é dissolvido em água, reside, aparentemente, no fato de que os solutos se associam com a água, formando uma película hidratada menor ou mais densa em relação a quantidade de soluto dissolvido. À medida que aumenta a concentração, pode surgir um comportamento não ideal, com conseqüente ligação da estrutura da

água mais fortemente do que o previsto. Isto se torna de muito interesse nos processos industriais de alimentos onde tais solutos como sal e açúcar são amplamente utilizados. (13,20)

Bone (3) compilou uma lista de várias soluções de solutos, entre os quais o cloreto de sódio e a sacarose, substâncias ideais para a obtenção de condições de umidade intermediária, têm mas que uma limitação de uso devido ao sabor do alimento. Muitas vezes procura-se contrabalançar essa condição adversa do sabor mediante combinação dos solutos.

- Com um sistema sólido um outro fator de importância na redução de  $A_w$  é o efeito capilar do alimento, dado que a atividade da fase líquida no capilar se reduz na medida em que decresce a luz do mesmo. Para a água pura, calcularam-se valores de  $A_w$  entre 0,99 e 0,89, correspondentes a raios de capilares entre 0,1 e 0,001 micra. Embora alguns pesquisadores têm demonstrado que a maioria dos capilares nos alimentos tem diâmetros maiores de 10 micra, a água presente nos capilares menores que 0,01 micra contém significativa quantidade da água total que participa da redução parcial da  $A_w$ . (20)
- Um terceiro fator, responsável da redução da  $A_w$ , pode acontecer embora parcialmente quando ocorre histerese, o que significa um maior ou me

nor conteúdo de umidade, implicando padrões diferentes em função da isoterma de absorção ou de desabsorção. Labuza (20), Gregg e Sing (11) estudaram algumas das razões básicas para a histerese. Ver figura nº 2.

- O último e mais importante fator no controle da pressão de vapor de água é sua interação com as superfícies sólidas e o alto peso molecular dos sistemas coloidais. As moléculas de água normalmente inter-atuam com os grupos polares sobre as superfícies e são fortemente retidas. A energia requerida para remover essas moléculas de água é tão grande como a energia necessária para vaporizá-la de uma superfície de água pura. (20)

### 2.3.1 Uso de Solutos como Fator de Redução da $A_w$

Seguindo o critério de Bone (4) que mostra que a maioria das bactérias não pode crescer em meio de atividade de água de 0.9 ou menor, para se chegar a condições de  $A_w$  estável devem-se:

- Formular produtos de tal maneira que tenha um teor de umidade entre 15 e 50%;

- Ajustar a atividade química da água no produto em um valor menor que 0.9;
- Adicionar agentes antimicrobianos para prevenir o crescimento de mofo e fermentos.

#### 2.3.1.1 Escolha do Solute

A escolha do soluto no controle da  $A_w$  estará relacionada não só na redução que possa acarretar dessa  $A_w$ , como também neutros atributos característicos do alimento como o sabor, a sua solubilidade, o peso molecular, a ionização, a participação nutricional, compatibilidade, pH, limites fisiológicos e talvez muitos outros fatores não mencionados, apenas limitados pela técnica inabilidade para definir suas características físico-químicas em um dado alimento. (4) A causa de tantos fatores limitantes, a escolha dos solutos recai em apenas alguns poucos:

- Entre os açúcares: sacarose, dextrose, frutose, lactose, maltose.
- os álcoois polihídricos: sorbitol, glicerina, manitol, propileno-glicol.
- sais neutros: Cloreto de Sódio, Cloreto de Potássio. (4)

Destes os mais comumente usados na técnica de

AUI para consumo humano são a sacarose, o cloreto de sódio e em menor proporção o glicerol, tem capacidade de reduzir a pressão de vapor e reter proporcionalmente, grandes quantidades de água, de acordo com os dados apresentados por Brockmann. (5) Ver tabela 0.

a) Cloreto de Sódio (baixo peso molecular)

Em solução aquosa atenta a lei de Raoult o NaCl reduz a atividade da água; sua ligação da água é alta e negativamente correlacionada com  $A_w$ . A ligação iônica entre os ions sódio-clorete-água, pode ser a responsável pela redução da atividade de água, como também pelo incremento da água ligada. (32)

b) Glicerol (peso molecular médio)

De acordo com a lei de Raoult decresce em forma notável a pressão de vapor de soluções aquosas concentradas como também a atividade de água. Apesar disto, não demonstra forte ligação com a água, já que, aparentemente, a ligação entre as moléculas de água e de glicerol, não é significativamente diferente da que existe entre as próprias de água. Karmas e Chen (13), em seus estudos encontraram que, na medida em que a concentração de glicerol for incrementada, a ativi



TABELA 0

Dados de Absorção de umidade para Compostos Químicos puros

Composto a 25%	Gramas de água/100 gramas de composto Anidro para Aw=				
	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
Cloreto de Sódio	*	277	332	423	605
Glicerol	56	72	96	132	203
Sacarose	*	*	*	49	71

\* Maior ao limite de solubilidade

Fonte: Brockmann, M.C. (1970).

dade da água é significativamente diminuída, porém o efeito sobre a água ligada é quase nulo. Shipman, et al (29), usaram o glicerol como agente desidratante e como meio de manter a turgidez e a plasticidade celular depois da reconstituição dos produtos desidratados e congelados. Observaram que concentrações mais elevadas de glicerol estão em proporção direta com maior perda de peso e em proporção inversa ao teor de umidade depois da imersão.

c) Sacarose (alto peso molecular)

Ponting (26) em seu estudo sobre desidratação osmótica de frutas demonstrou que a sacarose se ca entre as substâncias do grupo dos açúcares , atua com maior eficiência e promove sabor desejável. A velocidade de remoção de água das frutas pela ação da sacarose seca é muito rápida no princípio da operação, constituindo assim uma vantagem no processamento, se a fruta é retirada logo em seguida do açúcar e desidratada na forma convencional. A sacarosa é considerada como um soluto não polar.

### 2.3.1.2 Problemas na Utilização de Diferentes Solutos

Todos os aditivos anteriormente descritos tem características indesejáveis nas concentrações requeridas para o controle eficiente da  $A_w$ . A presença de sacarose pode ser anormal em muitos alimentos; o glicerol tem um sabor doce menos definido e para propósitos práticos não é volátil, é bem tolerado fisiologicamente e é metabolizado alcançando 4,3 cal/gr; o cloreto de sódio deve ser usado apenas em níveis normais de tempero. (5)

Entre as possibilidades mais atrativas da ação desses aditivos estão as combinações de cloreto de sódio e de glicerol (5) ou cloreto de sódio e sacarose, como sugere Labuza (20). A pesquisa busca novos aditivos ou possíveis - novas misturas entre os existentes ou mais eficaz controle da atividade da água com baixas concentrações de solutos. (4,5)

## 2.4 Preparação de Alimentos de Umidade Intermediária Através de Equilíbrio

Há evidências experimentais da possibilidade de conservar uma grande variedade de alimentos ao nível de umidade intermediária, por equilíbrio (ou cozimento e equilíbrio) numa solução aquosa dos solutos escolhidos, além de antimicóticos. Os alimentos são imersos em solução quali e quantitativamente adequada, onde ao atingir o equilíbrio com

a fase aquosa, pode ser alcançado o valor de  $A_w$  desejado, além de proporcionar concentração eficiente de antimicótico. (5)

As propriedades sensoriais das frutas e vegetais tratadas nas condições acima descritas são satisfatórias: geralmente retém a cor, a textura e a aparência muito próximas ao normal. A retenção do sabor é variável, de ótima nas cenouras passa a sofrível nas ervilhas. (5)

Os mesmos procedimentos tem sido aplicados às carnes de gado, frango, porco, às ervilhas, cenoura, cogumelo, cebolas, batatas, abacaxi e ovos.

Experiências realizadas denotam composições de diferentes soluções de equilíbrio onde o glicerol está em níveis de 43 a 88%; o cloreto de sódio de 5.5 e 10%. Os alimentos assim preparados apresentam atividades de água entre 0,81 e 0,86. No entanto não são mencionados os tempos de imersão e os teores de umidade estão entre 40 e 70% dos seus valores iniciais. (5)

Enlatados comerciais de frutas e vegetais, drenados e desidratados até atividade de água de 0,65, foram armazenados durante um ano a 23°C e 65% de umidade relativa para observações sobre a qualidade e estabilidade microbiológica. Depois desse tempo os mesmos se apresentaram livres de crescimento microbiológico. As amostras de frutas reidrataram-se até sua forma original, o que não aconteceu com os vegetais que apareceram enrugados ou encolhidos ou mostravam fissuras em sua estrutura. (10)

Os sistemas biológicos tem uma alta percentagem de água em estado líquido. A matriz celular dos materiais biológicos tem grande capacidade para inter-actuar com a água mas nos estados de conservação ou armazenagem muitas destas matrizes tendem a desnaturar-se, isto é, a perder sua capacidade de ligar-se com água. Nos sistemas inerentes aos alimentos processados grande parte dessa capacidade se perde, devido às alterações da composição celular. Ao contrário, muitas das matrizes celulares biológicas desenvolvem maior capacidade de ligação com água, por efeito de ingredientes de grande magnitude molecular, adicionados para produzir aumento e maior estabilidade da água ligada. (10)

#### 2.4.1 Experiências Realizadas com Feijão Verde

Gee et al (10) em seus estudos, trabalhando com pedaços de vagem observaram textura pobre, resultante quando a  $A_w$  era reduzida a níveis estáveis de longa armazenagem.

Nesses trabalhos usou-se vagem picada segundo o corte francês (cortada ao meio do comprimento da vagem), observando-se os efeitos do tratamento dos aditivos sobre o teor de água em  $A_w$  de 0,6 a 0,7.

Amostras de 250 g foram cozidas durante 5 minutos em 200 ml da solução que ia ser testada deixando-se -

ficar durante a noite a  $8^{\circ}\text{C}$  no refrigerador para equilibrar o sistema. O excesso da solução de cozimento foi drenado e as vagens foram desidratadas em estufa, com corrente de ar forçado, a  $65^{\circ}\text{C}$ , até alcançar a atividade de água de 0,65. (10)

Dos resultados obtidos por Gee et al (10), observa-se que o glicerol e seus derivados foram significativamente eficientes; não foram feitas avaliações sobre a absorção dos solutos, nem se eles estão presentes só na superfície ou no íntimo do material. Também ficou demonstrado que cozinhando as vagens à pressão ( $250^{\circ}\text{F}$  ou 21 psi) durante 20 minutos em uma solução de 2% de cloreto de sódio, obtinha-se efeito favorável. Posteriormente observou-se que a vagem enlatada comercialmente e desidratada a nível de  $A_w$  de 0,65 e com teor de umidade de 20%, talvez devido às altas temperaturas aplicadas no escaldamento, perdem parte da rigidez da parede celular, resultando em produtos de UI muito moles mesmo depois da desidratação, apesar de que sua capacidade para ligar água nestas condições está aumentada, talvez devido à presença do cloreto de sódio residual. (10)

#### 2.4.3 Dados Sobre Reidratação dos Alimentos de UI

Ainda que para a vagem, como alimento de UI, não se encontram dados concretos sobre reidratação, Shipman et al (28) expõem resultados bastante satisfatórios sobre a

reidratação de aipo (Apium graveolens L.) previamente de-  
sidratado mediante glicerol. As amostras desidratadas foram  
colocadas em água (aproximadamente 10:1 p/p) e deixadas a  
noite a 40<sup>o</sup>F. Posteriormente mudou-se duas vezes a água e  
em seguida foram determinados os pesos e teores de umidade  
nas várias amostras.

Os resultados mostram que o aipo desidratado com  
soluções de glicerol entre 30 e 60% reidrata numa proporção  
de 3:1, com um rendimento médio de 63% do produto fresco e  
com soluções abaixo de 20%, a relação de reidratação aumen-  
ta de forma notável. O tempo de reidratação foi de 18 horas  
e o produto mostrou grande plasticidade uma vez reidratado.

## 2.5 Noções Gerais Sobre a Desidratação Osmótica

De acordo com o que foi visto nos parágrafos ante-  
riores sobre a obtenção de produtos de umidade intermediária  
usando diferentes tipos de soluções e de solutos, com o pro-  
pósito de retirar uma grande quantidade de água dos alimen-  
tos e ligar a água restante, pode-se concluir que o que acon-  
tece é um fenômeno osmótico.

### 2.5.1 Osmose

Quando dois líquidos de densidade diferente são  
colocados um sobre outro, pode acontecer que eles não se

misturem, ficando separados por uma superfície de nível, manifestando-se aí uma tensão superficial ou que se misturem em todo. Neste segundo caso a mistura faz-se lentamente, camada por camada, o que se chama difusão. (24,25)

A difusão também pode ser produzida através de uma membrana permeável, que não apresente menor abertura visível; se dentro de uma bolsa de membrana permeável se coloca álcool e se submerge todo o sistema em água observa-se que esta atravessa a membrana e o álcool emigra. Este fenômeno recebe o nome de osmose: endosmose quando o movimento é de fora para dentro, exosmose, no sentido contrário.

De acordo com a maior velocidade de um dos movimentos aparece num dos líquidos uma maior energia potencial (por unidade de volume) que se manifesta em forma de pressão e que recebe o nome de pressão osmótica. (24,25,31)

#### 2.5.2 Pressão Osmótica de Várias Soluções

A água apresenta um alto grau de associação entre suas moléculas o que se evidencia por sua baixa densidade a  $4^{\circ}\text{C}$  e altos pontos de congelação e de ebulição comparados com outras substâncias hidrogenadas tais como o nitrogênio ( $\text{NH}_3$ ) e o enxofre ( $\text{H}_2\text{S}$ ), que estão próximos do oxigênio na classificação periódica dos elementos. As moléculas de água apresentam-se arrumadas em pequenos grupos, com estruturas tetraédricas similares às da estrutura do gelo. As mo



lécúlas são mantidas nessa estrutura por pontes de hidrogênio, entre os átomos de hidrogênio de uma molécula e os de oxigênio de duas moléculas adjacentes.(32)

Se a presença de um soluto quebre algum dos grupamentos, a energia da solução diminui, com a correspondente elevação da pressão osmótica. Em oposição, si o número de moléculas de água é muito grande comparativamente ao de soluto, aparece como se a estrutura não estivesse afetada, com alta atividade de água e uma pressão osmótica da solução mais baixa.(31,32)

Os solutos polares formam pontes de hidrogênio e tem pequeno efeito sobre a estrutura da água por que tendem a encaixar dentro da estrutura da barreira de hidrogênio, a menos que sejam impedidos devido à sua forma. Os solutos não polares em água atuam em forma oposta aos anteriores e incrementam a quantidade de ordem na água.(31,32)

A concentração da solução também tem seu efeito e no caso de soluções eletrolíticas, o campo elétrico que se forma ao redor de um ion exerce uma forte atração sobre as moléculas polares da água ao redor dele, de tal forma que cada ion é circundado por uma barreira de molécula de água firmemente unidas, chamada película de hidratação.(31,32)

Nas soluções de baixas concentrações de eletrolíticos as moléculas de água nas películas de hidratação não podem encaixar facilmente dentro da estrutura tetraédrica com outras moléculas de água, de tal forma que além da peli-

cula de hidratação existe uma região de desordem incrementada, dando como resultado um aumento na atividade de água. Em oposição com estas, nas soluções concentradas de eletrólitos uma grande proporção de água é ligada com ordem, nas películas de hidratação e o resultado nítido é um decréscimo de ordem mais baixa do que se poderia esperar da concentração do soluto. (31,32)

### 2.5.3. Osmose nas Células de Tecidos Vegetais

Thain (33) na sua publicação sobre o fenômeno osmótico faz referência à osmose nos tecidos vegetais, observando que as células das plantas estão rodeadas por pequenas paredes celulares firmes porém elásticas, compostas por celulose e que podem suportar altas pressões hidrostáticas, mas são permeáveis à água e aos solutos.

A maior parte de uma célula madura numa planta está ocupada por um vacúolo que contém a seiva celular. O vacúolo está completamente circundado pelo citoplasma que contém o núcleo da célula. Uma membrana de natureza lipídica, o tonoplasto, separa o vacúolo do citoplasma que forma uma película relativamente fina que recobre a parede celular da que está separada por uma segunda membrana de natureza lipídica, o plasmalema. Ao colocar uma célula vegetal em uma solução aquosa de determinado soluto que não pode penetrar no plasmalema, e essa solução é hip-osmótica ao conteúdo da célula

a osmose acontece da solução dentro da célula, que se incha e distende levemente a parede celular causando uma pressão sobre a célula. A pressão exercida pela parede celular, chamada pressão de "turgor", começa a crescer até alcançar o equilíbrio entre a pressão osmótica da solução externa e a célula, terminando então o fenômeno osmótico. Como a parede celular só é levemente elástica a entrada de uma pequena quantidade de água dentro da célula pode produzir um grande incremento na pressão de "turgor". (32)

Quando, na célula, está completamente cheio o espaço interior e a parede celular está levemente distendida, de forma que a parede exerce uma pressão de "turgor", diz-se que a célula está turgida. Se esta célula é colocada em uma solução com uma maior pressão osmótica, a água sai da célula encolhendo-se, e o plasmalema afasta-se da parede celular, enchendo-se estes espaços com a solução externa; neste estado diz-se que a célula está plasmolizada, fenômeno que geralmente é reversível, isto é, quando a célula neste estado é colocada novamente em uma solução com baixa pressão osmótica, recupera sua turgidez.

## III. MATERIAS E MÉTODOS

3.1 Materiais

## 3.1.1 Matérias Primas

Vagem manteiga (Phaseolus vulgaris L) recém colhida foi adquirida em um dos supermercados da cidade de Campinas, em intervalos de três dias, tomando-se o cuidado de selecioná-las, de maneira uniforme e homogênea, sem defeitos ou danos que pudessem alterar ou comprometer em suas diversas etapas, o desenvolvimento da pesquisa.

## 3.1.2 Reagentes (solutos)

## 3.1.2.1 Sal (NaCl)

O sal utilizado foi, sal de mesa comum.

## 3.1.2.2 Açúcar (Sacarose)

Utilizou-se açúcar refinado comercial.

3.1.2.3 Glicerol ( $C_3H_8O_3$ )

Usou-se glicerol p.a.

### 3.1.3 Equipamentos

- Aparelho medidor de atividade da água (Aw),  
Lufft Durotherm, modelo 5803
- Secador de tunel com ar quente, da FEAA-UNICAMP
- Estufa de laboratório marca: FANEM
- Balança semianalítica marca: METTLER modelo: P.1000
- Balança de precisão marca: SAUTER modelo: 414/10

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Identificação da Matéria Prima

#### 3.2.1.1 Classificação

A classificação comercial foi realizada tomando-se como norma a classificação oficial em:

Nome científico: Vagem (Phaseolus vulgaris L)

Classe II: Manteiga

Tipo: Extra

#### 3.2.1.2 Características Físicas

a) Dimensão:

Tomaram-se 10 indivíduos ao acaso e mediram-se

com paquímetro o comprimento, a largura e a espessura.

b) Pesos Específico Aparente:

Tomaram-se 10 pesos diferentes para um só volume, de acordo às diferentes acomodações do produto.

c) Peso Específico Real:

Determinou-se pelo método da balança hidrostática descrito por Moshenin (23), em base ao princípio de Arquimedes. Fizeram-se 10 repetições diferentes e a cada uma se determinou o seu peso no ar, e seu correspondente volume de água deslocada medido em uma proveta graduada. O seu peso específico real encontrou-se dividindo o peso com o volume de água deslocada. Tirou-se a média das 10 leituras.

d) Porosidade:

Calculou-se aplicando a relação entre o peso específico aparente e o peso específico real.

### 3.2.2 Preparo das amostras

#### 3.2.2.1 Seleção

Foi feita em base à maior uniformidade quanto ao tamanho, largura, espessura e cor da vagem a ser processada.

### 3.2.2.2 Corte

Procedeu-se a pesagem de uma quantidade de vagens inteiras que posteriormente foram cortadas no sentido transversal, em pedaços de aproximadamente 20 mm.

### 3.2.2.3 Rendimento

A avaliação do rendimento da vagem cortada e em pedaços em relação à vagem inteira foi estabelecida pesando-se certa quantidade de vagem inteira e, após a seleção, corte e eliminação das pontas, novamente pesada.

### 3.2.3 Estudo de Escaldamento

Foram pesadas em balança semianalítica, 60 g. de vagem em pedaços correspondentes a cada um dos tratamentos com duas repetições de acordo com o plano de pesquisa. Estas quantidades foram colocadas cuidadosamente em beakers identificados anteriormente, com os números dos tempos de leitura, aos quais acrescentaram-se água destilada (pH=7.2), até deixar completamente imerso o produto. Cada beaker foi levado individualmente ao fogo de um bico de gás bunsen, para escaldar o produto, de acordo com as recomendações feitas por Cruess (8), para este tipo de produto, isto é, uma temperatura entre 85-88°C, mantida constante durante o tem

po de escaldamento.

Os tempos de escaldamento estudados foram de 2, 4 e 6 minutos. Depois de completar o tempo de escaldamento, a vagem em pedaços foi passada para um coador, para escoamento da água e, em seguida, colocada sobre duas folhas de papel de filtro para enxugar a água excedente.

### 3.2.4 Estudo de Solutos

A vagem escaldada foi colocada em um beaker completamente seco acrescentando-lhe conforme o experimento, diferentes soluções, solutos ou misturas deles até cobrir completamente o produto.

Dados de perda de peso, umidade e atividade de água tomaram-se no início ao produto fresco, depois das 3 horas de imersão, das 6 e das 9 horas, e em algumas amostras, às 24 horas de imersão. Esta distribuição dos tempos de leitura fizeram-se com base em experiências realizadas em forma preliminar, procurando-se obter um tempo prático de imersão. A leitura foi feita tomando-se o beaker correspondente, retirando o produto da solução e submetendo-o a uma lavagem com água corrente. Em seguida foi colocado sobre duas folhas de papel de filtro para secar o excesso de água e assim anotar os respectivos dados.

Nas experiências onde se utilizou soluto puro, a relação vagem/soluto foi de 1:1 (peso/peso) e onde se uti-



lizou em solução, de 1:1.5 (peso/volume). Fizeram-se duas repetições em cada uma das experiências; determinando-se os seguintes parâmetros:

a) Perda de peso

Foi determinada pela diferença entre o peso inicial e o peso tomado imediatamente depois de retirar o produto da imersão.

b) Umidade

Foi feita pelo método de estufa a pressão normal, por dessecação do material finamente picado a  $105^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Foram feitas duas repetições da umidade.

c) Atividade da água

Procedeu-se segundo a metodologia dada pelo aparelho medidor da atividade da água, colocando-se a amostra no aparelho previamente calibrado, fazendo-se a leitura 3 horas depois e anotando-se o valor de  $A_w$  e a temperatura correspondente.

#### 3.2.4.1 Sal (NaCl)

Analisou-se seu comportamento em três situações diferentes:

- Sal seco ( $S_s$ )

- Solução saturada de sal ( $S_{ss}$ ) (27 molar)
- Solução super-saturada de sal ( $S_{sss}$ ).

#### 3.2.4.2 Açúcar refinado (sacarose)

Foi analisado na forma de:

- Açúcar seco ( $A_s$ )
- Solução saturada de açúcar ( $A_{ss}$ ) (66 molar)
- Solução super-saturada de açúcar ( $A_{sss}$ )

#### 3.2.4.3 Glicerol ( $C_3H_8O_3$ )

Da mesma maneira que para os anteriores produtos, analisou-as em forma de:

- Glicerol puro (G 100%)
- Solução de Glicerol, 60% concentrada (G 60%)
- Solução de Glicerol, 20% concentrada (G 20%)

#### 3.2.4.4 Mistura de Solutos

Baseando-se no comportamento dos solutos individualmente, selecionou-se para o estudo das misturas, trabalhar com os solutos puros, misturando-os entre si, formando uma mistura ou suspensão, segundo o caso.

As percentagens em que participaram cada um dos solutos nas misturas, foram escolhidas de tal maneira que

eles participassem nas proporções: baixa, média e alta.

A relação vagem/mistura foi de 1:1 (peso/peso), e cada experiência foi feita com 2 repetições. As leituras se tomaram cada 3 horas, durante 9 horas consecutivas.

a) Sal - Açúcar

As porcentagens em que misturam estes produtos foram:

- Sal 10% (S 10%) - Açúcar 90% (A 90%)
- Sal 50% (S 50%) - Açúcar 50% (A 50%)
- Sal 90% (S 90%) - Açúcar 10% (A 10%)

b) Sal - Glicerol

Misturam-se nas seguintes porcentagens:

- Sal 10% (S 10%) - Glicerol 90% (G 90%)
- Sal 50% (S 50%) - Glicerol 50% (G 50%)
- Sal 90% (S 90%) - Glicerol 10% (G 10%)

c) Açúcar - Glicerol

Da mesma forma que as anteriores:

- Açúcar 10% (A 10%) - Glicerol 90% (G 90%)
- Açúcar 50% (A 50%) - Glicerol 50% (G 50%)
- Açúcar 90% (A 90%) - Glicerol 10% (G 10%)

## d) Sal - Açúcar - Glicerol

Seguiu-se o mesmo procedimento que para a mistura dos dois solutos, cuidando-se que cada soluto participiasse em porcentagens baixas, médias e altas. Todas as experiências foram realizadas com 2 repetições e as combinações testadas foram as seguintes:

- Sal 10% (S 10%) - Açúcar 10% (A 10%) - Glicerol 80% (G 80%)
- Sal 50% (S 50%) - Açúcar 10% (A 10%) - Glicerol 40% (G 40%)
- Sal 80% (S 80%) - Açúcar 10% (A 10%) - Glicerol 10% (G 10%)
- Sal 10% (S 10%) - Açúcar 50% (A 50%) - Glicerol 40% (G 40%)
- Sal 10% (S 10%) - Açúcar 80% (A 80%) - Glicerol 10% (G 10%)
- Sal 40% (S 40%) - Açúcar 50% (A 50%) - Glicerol 10% (G 10%)

Dos resultados obtidos nas experiências anteriores, selecionou-se a melhor combinação de solutos e se prepararam 1.800 gr de vagem fresca, seguindo o método descritito no Número 3.2.2. Durante as 9 horas de imersão tomaram-se amostras para análise de absorção de cloreto de sôdio e umidade, como se explica mais adiante. Terminado o tempo de imersão o produto foi lavado, escorrido, pesado e logo submetido a um processo de secagem complementar com ar quente, até conseguir o valor de  $A_w$  desejado (0.65).

### 3.2.5 Secagem

Efetuuou-se em um secador de túnel de fluxo paralelo, mantendo uma velocidade de ar constante e uma temperatura de 55<sup>o</sup>C, controlada por um termômetro na entrada do secador.

A vagem para secar, foi espalhada em 4 bandejas (40 cm x 25 cm) em uma só camada de produto e logo colocadas no interior do secador. Fizeram-se leituras de perda de peso e atividade da água depois de 60', 105' e 150' minutos.

### 3.2.6 Embalagem

A vagem seca a um nível de UI foi acondicionada em sacos de polietileno hermeticamente fechados, para não permitir a migração de umidade, recobrando-os com papel de alumínio, para evitar a exposição com a luz.

As amostras para as análises microbiológicas foram embaladas individualmente em pacotes de 20 gramas, hermeticamente fechadas, para posteriores determinações cada 15 dias, durante 135 dias. Todas as amostras foram armazenadas à temperatura e umidade ambiente, em lugar escuro.

### 3.2.7 Reconstituição do produto

As amostras foram colocadas imersas em água destilada na relação 1:10 (peso:volume), verificando-se o comportamento quanto ao tempo, variações de peso, umidade e conteúdo de cloreto de sódio.

A influência da temperatura da água de imersão sobre os fatores acima mencionados, foi estudada em dois tipos de reidratação.

#### 3.2.7.1 Reidratação fria

Tomaram-se 10 gr. de vagem seca, ao nível de UI, colocaram-se num beaker e adicionaram 100 ml de água destilada fria. Fizeram-se leituras com 3 repetições cada 30 minutos, durante as primeiras duas horas e posteriormente a cada hora, até completar 4 horas.

#### 3.2.7.2 Reidratação quente

Procedeu-se da mesma forma que na reidratação fria variando somente a temperatura da água (90°C) e os tempos de leitura aos 30', 60' e 120' minutos depois da imersão.

### 3.2.8 Análise Química

#### 3.2.8.1 Dosagem do Cloreto de Sódio (NaCl)

Empregaram-se os métodos S2a e S2b descritos por Lees (21).

### 3.2.9 Análise Microbiológica

Utilizou-se a análise para contagem total de microorganismos aeróbicos, descrito por Sharf (28). Os pacotes de vagem estocadas para esta análise, foram abertos na hora, moído no liquidificador esterilizado com água destilada esterilizada. fizeram-se as diluições até  $10^{-5}$  e foram semeadas em placas contendo meio Plate Count Agar (PCA). A contagem foi feita após 24 ou 48 horas de incubação a  $35^{\circ}\text{C}$ . Todas as leituras foram feitas com 2 repetições.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Identificação da Matéria Prima

#### 4.1.1 Características Físicas

Os resultados médios das avaliações das características físicas determinadas, dimensões, peso específico aparente, peso específico real, o cálculo da porosidade e as análises estatísticas relativas ao desvio padrão e coeficiente de variação, podem ser observadas na tabela 1.

Dos dados observa-se que a vagem manteiga era bastante uniforme.

#### 4.1.2 Rendimento

As várias determinações de rendimento da vagem manteiga depois de preparada ou seja: seleção, corte em pedaços e eliminação das pontas apresentou como resultado médio: 85%.



TABELA 1

Características Físicas de Vegem Manteiga: Dimensão, Peso Específico Aparente e Real, Cálculos da Porosidade, média, desvio padrão e Coeficiente de variação

Características Físicas	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
Dimensão (mm)			
comprimento	203.45	27.68	13.60
largura	14.87	2.13	14.52
Espessura (região de semente)	7.76	1.35	17.44
(região entre as sementes)	6.14	1.47	23.86
Pesos específicos (g/ml)			
Aparente	0.305	0.02	6.21
Real	0.864	0.01	1.05
Porosidade (%)	65	-	-

## 4.2 Escaldamento

Os dados obtidos do estudo da influência do tempo de escaldamento de vagem manteiga sobre a absorção dos diferentes solutos, expressa em função das variáveis de atividade de água, peso e conteúdo de umidade podem ser observadas na tabela 2.

O estudo dos principais efeitos dos parâmetros analisados são discutidos a seguir, tomando-se como base o gráfico 1.

### 4.2.1 Efeito Sobre a Atividade de Água

O gráfico 1, comparativo entre os diferentes tempos de escaldamento em relação a atividade de água com diferentes horas de imersão, analisado nas etapas de 0-9 horas e 9-24 horas, permite as seguintes considerações:

Tempo de 2 minutos: a atividade de água foi reduzida no intervalo de 0-9 horas, de  $4.4 \times 10^{-3}$ /hora, e na segunda de 9-24 horas, de um valor de  $5,33 \times 10^{-3}$ /hora.

Tempo de 4 minutos de escaldamento das 0-9 horas, a atividade de água diminui em um valor de  $2.77 \times 10^{-3}$ /hora, e das 9-24 horas, de  $6.13 \times 10^{-3}$ /hora.

Tempo de 6 minutos de escaldamento, para os intervalos de

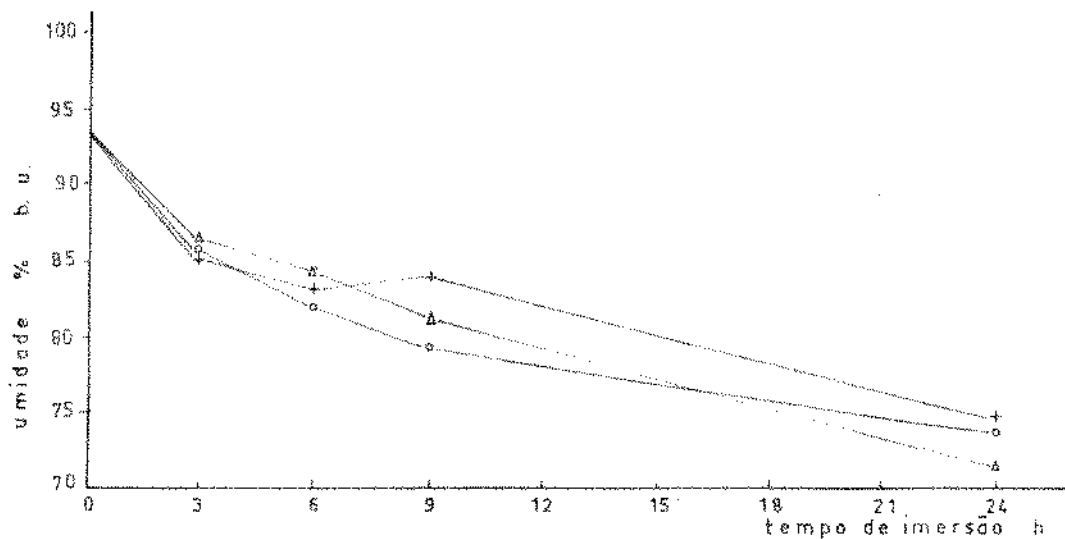
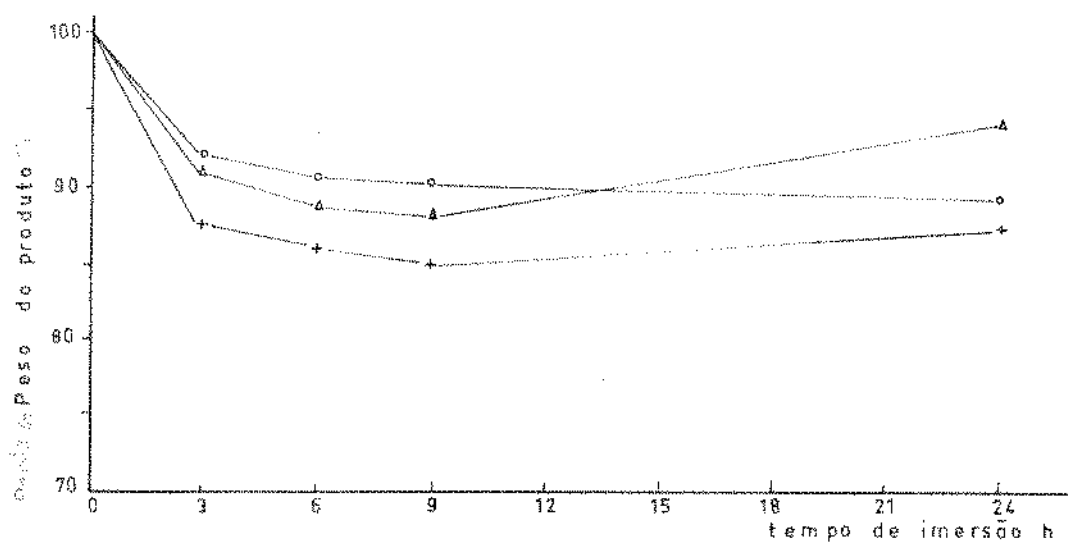
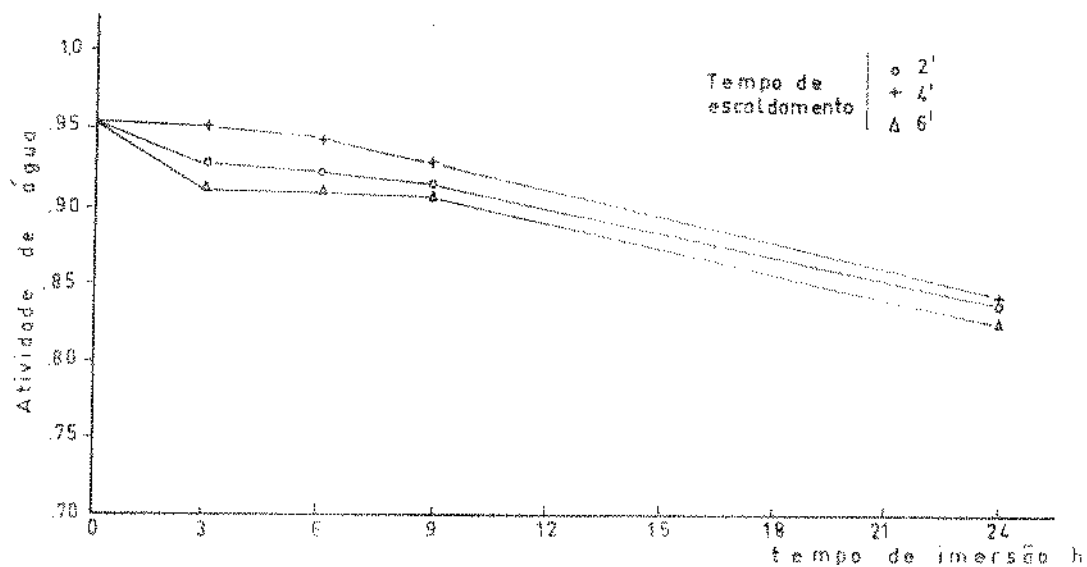
TABELA 2

Influência do tempo de escaldamento em vagem manteiga sobre a absorção de solutos\*

Tempo de Imersão (horas)	Tempo de Escaldamento (minutos)	Atividade de Água (Aw)	Perda de peso %	Umidade % base úmida
0	2'	0,955	100,00%	93,99%
3	2'	0,930	92,13	85,90
6	2'	0,925	90,69	82,00
9	2'	0,915	90,56	79,50
24	2'	0,835	89,32	73,70
0	4'	0,955	100,00	93,99
3	4'	0,950	87,79	85,80
6	4'	0,945	86,15	83,20
9	4'	0,930	85,01	84,00
24	4'	0,838	87,57	75,00
0	6'	0,955	100,00	93,99
3	6'	0,910	91,21	86,50
6	6'	0,910	88,86	84,70
9	6'	0,910	88,43	81,80
24	6'	0,825	94,43	71,80

\* Sóluto utilizado: Sel, seco  
 Releção: 1:1 (peso/peso)

Gráfico nº 1 Influência do tempo de escaldamento em vagem manteiga sobre a absorção de solutos.



0-9 horas e 9-24 horas, os valores de redução de atividade de água foram respectivamente  $5 \times 10^{-3}$ /hora e  $5,56 \times 10^{-3}$ /hora.

Pode-se apreciar que apesar dos tempos de escaldamento diferentes, o valor da atividade de água às 24 horas de imersão, foi aproximadamente o mesmo, elegendo-se este período de tempo como o melhor, embora possa considerar-se um pouco prolongado para a elaboração de um produto em forma prática.

A menor  $A_w$  foi obtida com o tempo de 6' de escaldamento, mas descartou-se a escolha deste tempo, considerado excessivo, porque vai em detrimento de qualidades tais como textura, cor e aspectos nutritivos do produto final; isto concorda com as conclusões do estudo de Ges(10).

A razão possível desta maior redução em  $A_w$ , é a desnaturalização térmica da membrana celular, que funde a cutícula de cera, ficando solta na água de cozimento e protegendo a epiderme devido à abertura dos poros. A alta temperatura por tempo prolongado afeta a estrutura emulsóide da membrana e gelifica os carboidratos da membrana celular. Em igual forma a alta temperatura acelera a decomposição da clorofila e outros componentes protoplasmáticos celulares.

No tempo de 4' de escaldamento, o efeito térmico apenas inicia a desnaturação da cutícula cerosa, desobstruindo em parte os poros de transpiração dos produtos, pelo

começo de floculação ou separação de emulsóides, que impediriam a passagem de soluções exteriores ao produto durante a imersão.

Com o tempo de 2' de escaldamento, pode estimular-se termicamente o mecanismo de abertura de poros, mas sem chegar a decompor os compostos superficiais, operação que facilitaria a migração das soluções exteriores, para o produto. Sua estrutura quase não é modificada, e a cor verde se intensifica. Devido a estas considerações e comparativamente aos outros tempos de escaldamento, seleccionou-se o de 2' como o ótimo, para a totalidade das experiências posteriores.

#### 4.2.2 Efeito sobre o Peso do Produto

No gráfico 1 demonstram-se as variações de peso com respeito aos diferentes tempos de escaldamento.

Considerando-se na mesma forma os períodos das 0-9 horas e das 9-24 horas de imersão, pode-se ver que com:

2' minutos de escaldamento, o produto perdeu 1.05% hora de seu peso inicial, no primeiro período, e 0.082% hora no segundo.

4' minutos, o produto perdeu, no primeiro período 1,67% hora de seu peso e no segundo aumentou seu peso em 0.17% hora.

6' minutos, no primeiro período perdeu 1.29% hora e no segundo aumentou seu peso em 0.4% hora.

#### 4.2.3 Efeito Sobre o Teor de Umidade

No gráfico 1 observam-se as variações entre o teor de umidade e diferentes tempos de escaldamento.

As variações no teor de umidade apresentaram-se da seguinte maneira:

2' minutos de escaldamento, reduziu no período das 0-9 horas de imersão, um valor de 1.61% de umidade/hora e no segundo das 9-24 um valor de 0.39% hora.

4' minutos, apresentou no primeiro período uma perda de 1.11% hora e no segundo um valor de 0.60% hora.

6' minutos apresentou no primeiro período uma redução de 1.35% hora e no segundo um valor de 0.66% hora.

Fazendo uma comparação geral entre os três parâmetros influenciados pelo tempo de escaldamento, observa-se que:

A atividade da água apresentou uma redução muito similar entre os valores de 2' minutos e 6' minutos, sendo menos para 4' minutos. A perda de peso foi menor em 2', seguindo-se 6' e por último a de 4' que foi a maior. Se com

paramos isto com seus teores de umidade, que foram semelhantes para os 3 casos, pode-se pensar que um maior peso com um menor teor de umidade indica a presença maior de sólidos no produto, devido talvez a uma maior absorção de soluto (sal), o qual significaria uma redução afetiva na atividade da água. Kaplow (12), Bone (4) e outros investigadores, mencionam em seus estudos esta relação de conteúdo de solutos num produto e sua influência no comportamento da  $A_w$ .

Embora os resultados para 2' e 6' de escaldamento fossem aproximadamente semelhantes, quanto a diminuição da atividade da água, selecionou-se para o resto da investigação um tempo de 2 minutos de escaldamento, como se anotou anteriormente, já que não se justifica um tempo maior, e sobretudo para obter uma vagem com melhores características físicas, sem enrugamento, como acontece com tempos maiores de escaldamento; Cruess (8). Nas experiências seguintes deve-se ter em conta que este tempo selecionado se manteve constante.

#### 4.3 Estudo de Solutos

A concentração da solução na qual se submerge o produto tem influência sobre a redução das propriedades anotadas:

$A_w$ , perda de peso e teor de umidade. As tabe



las 3, 4 e 5 mostram os dados obtidos, e o gráficos 2, 3 e 4 a representação desses resultados. Os valores anotados, representam a média do número de horas de cada período.

#### 4.3.1 Sal como soluto

##### 4.3.1.1 Efeito Sobre a Atividade da Água

Considerando os dois períodos de tempo já descritos, (0-9 horas e 9-24 horas), pode-se apreciar que o rebaixamento na atividade da água no primeiro período foi praticamente o mesmo, para o sal seco, que para a solução saturada: aproximadamente  $5 \times 10^{-3}$ /hora. Para a solução supersaturada este valor foi de  $2.5 \times 10^{-3}$ . No segundo período a diferença foi bem marcada entre o sal seco e o sal em solução, já que o sal seco apresentou uma redução de  $5.3 \times 10^{-3}$ /hora, e em solução foi de  $1.6 \times 10^{-3}$ /hora.

##### 4.3.1.2 Efeito Sobre o Peso do Produto

O sal seco reduziu o peso em 10.58% durante as 24 horas de imersão. Neste mesmo período a solução saturada de sal aumentou o peso inicial em um 9.92%, aproximadamente igual à solução supersaturada de sal, 9.79%.

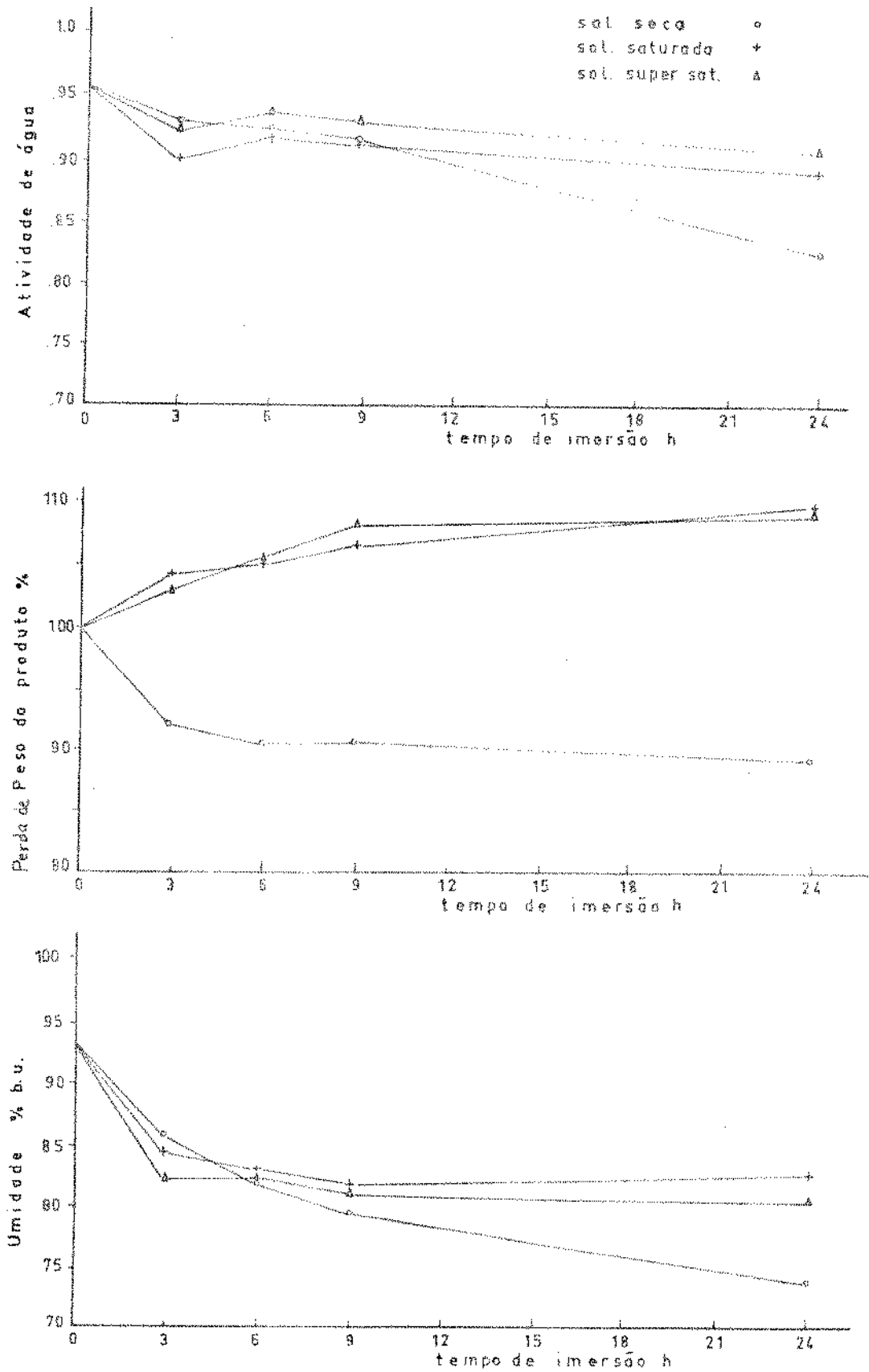
De acordo com os valores de atividade de água obtidos, bastante altos para um produto de unidade interme

TABELA 3

Influência da concentração da solução de Sal (NaCl) sobre a absorção do soluto pelo produto

Concentração	Tempo de Imersão (horas)	Atividade de Água (Aw)	Perda de peso	Umidade % base úmida
Sal seco	0	0,955	100,00%	93,99%
	3	0,930	92,13	85,90
	6	0,925	90,69	82,00
	9	0,915	90,56	79,50
	24	0,825	89,32	73,70
Solução saturada	0	0,955	100,00	93,99
	3	0,897	104,43	84,20
	6	0,915	105,07	82,70
	9	0,910	106,57	81,80
	24	0,889	109,93	82,80
Solução super-saturada	0	0,955	100,00	93,99
	3	0,927	103,29	82,50
	6	0,937	105,79	82,60
	9	0,933	108,50	81,70
	24	0,908	109,79	80,90

Gráfico n.º 2. Influência da concentração da solução de sal sobre a absorção do soluto pelo produto.



diária, e comparando com a variação em peso e umidade do produto, pode-se deduzir que o produto "absorve" água da solução, o qual implicaria um tempo maior na secagem adicional, para conseguir-se o nível adequado de  $A_w$ .

#### 4.3.1.3 Efeito Sobre o Teor de Umidade do Produto

O teor de umidade variou em forma quase idêntica para as soluções de sal, e foi simplesmente mais baixo onde se utilizou sal seco, durante todo o tempo de imersão. Este resultado, associado ao da variação de peso, demonstra que o teor de sólidos no produto é maior, onde se utilizou sal seco, seguindo em sua ordem o produto onde se utilizou solução supersaturada e saturada.

Juntando os melhores resultados quanto ao abaixamento da  $A_w$  e absorção do soluto, pode-se deduzir que o sal seco cumpriu com estes requisitos.

#### 4.3.2 Açúcar como soluto

##### 4.3.2.1 Efeito Sobre a Atividade da Água

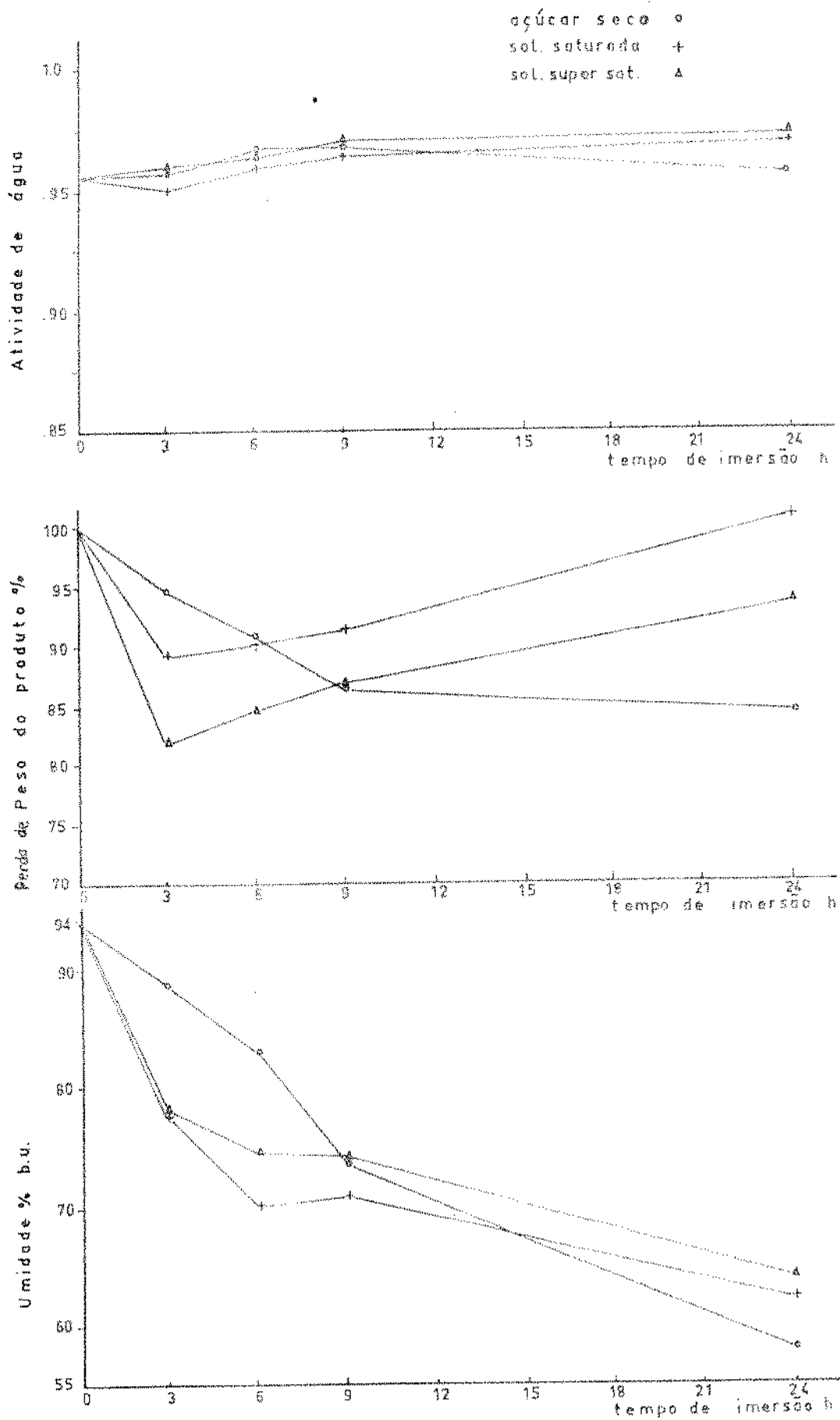
Observando a tabela 4 e comparando os dados para as três concentrações diferentes de açúcar, pode-se ver que em todas a atividade de água aumentou durante as primeiras nove horas. Para o açúcar seco e a solução supersa

TABELA 4

Influência de concentração de solução de açúcar (saccharose) sobre a absorção do soluto pelo produto.

Concentração	Tempo de Imersão (hora)	Atividade de Água (Aw)	Perda de peso %	Teor de sólidos %	Teor de umidade % (base úmida)
Açúcar seco	0	0.955	100.00	6.01	93.99
	3	0.958	94.41	10.78	88.60
	6	0.964	91.17	16.05	82.40
	9	0.972	86.09	22.64	73.70
	24	0.935	84.25	35.39	58.00
Solução saturada	0	0.955	100.00	6.01	93.99
	3	0.951	89.42	20.03	77.60
	6	0.960	90.09	26.75	70.30
	9	0.965	91.42	26.51	71.00
	24	0.947	100.77	37.86	62.40
Super-saturada	0	0.955	100.00	6.01	93.99
	3	0.960	82.06	19.06	78.00
	6	0.965	64.67	21.38	74.75
	9	0.973	66.75	22.61	73.70
	24	0.951	93.42	33.72	63.80

Gráfico nº 3 Influência da concentração da solução de açúcar sobre a absorção do soluto pelo produto.



turada, este aumento foi quase igual,  $1.89 \times 10^{-3}$ /hora e  $2.0 \times 10^{-3}$ /hora respectivamente; enquanto que comparativamente para a menor quantidade de açúcar, a da solução saturada, foi de quase a metade deste valor:  $1.1 \times 10^{-3}$ /hora.

Nas três concentrações, no período das 9 e as 24 horas, diminuiu o valor da atividade da água, ligeiramente abaixo do valor inicial, correspondendo em sua ordem a a maior redução ao açúcar seco, solução saturada e solução supersaturada.

#### 4.3.2.2 Efeito Sobre o Peso do Produto

O comportamento do peso durante os dois períodos (0-24 horas), foi de diminuição progressiva para o açúcar seco, apresentando uma média de 0.66%/hora.

O açúcar nas soluções saturadas e supersaturadas, apresentou uma diminuição nas primeiras 3 horas de imersão, maior para a solução supersaturada (5.97%/hora), que para a saturada (3.53%/hora). A partir deste momento até as 24 horas de imersão, ambas apresentaram um aumento gradual e similar em peso; a solução saturada com 0.51%/hora e a supersaturada com 0.54%/hora, até chegar a 100.77% e 93.4% respectivamente.

#### 4.3.2.3 Efeito Sobre o Teor de Umidade do Produto

A variação no teor de umidade foi similar nas três concentrações de açúcar; o açúcar seco e a concentração supersaturada apresentaram o mesmo teor de umidade às 9 horas de imersão (78,70%), e um pouco menor a solução saturada (71,00%), embora variasse a rapidez com que se chegou a estes valores. O açúcar na solução baixou mais rápido o teor de umidade, que em estado seco. Das 9-24 horas o açúcar nas soluções reduziu proporcionalmente a mesma quantidade 0,60%/hora, enquanto que o açúcar seco reduziu uma média de 1,05%/hora, obtendo o valor mais baixo no teor de umidade (58%).

Comparando os resultados obtidos para os três parâmetros analisados, observa-se que o teor de sólidos no produto é aproximadamente o mesmo (22%), para o açúcar seco e a solução supersaturada, correspondente a uma atividade de água igual a 0,972 e maior à do produto fresco, ao fim das 9 horas de imersão; para a solução saturada, teve-se um valor de 26,51% de sólidos e menor valor na atividade de água 0,965, embora maior que no produto inicial. Em forma geral, considerando o tempo total de imersão e os resultados de atividade de água em conjunto com os da perda de peso, conteúdo de umidade e % de sólidos, poder-se-ia dizer que o açúcar em soluções diluídas penetraria no



produto mais facilmente que em altas concentrações, embora aparentemente acompanhado de maior número de moléculas de água, que seriam as responsáveis do incremento na atividade de de água.

#### 4.3.3 Glicerol como Solutio

##### 4.3.3.1 Efeito Sobre a Atividade de Água

Os resultados obtidos aparecem anotados na tabela 5, podendo-se observar que a maior redução em atividade de água foi apresentada pelo produto imerso em 100% de glicerol, seguindo-se a solução de 60% e por último a de 20% respectivamente.

Nas três concentrações, a atividade de água variou em forma similar, embora guardando a ordem decrescente. Assim nas primeiras horas de imersão baixou mais a atividade de água, que às 6 e às 9 horas, respectivamente (Gráfico 4), para obter o valor mais baixo de todo o processo, às 24 horas de imersão.

##### 4.3.3.2 Efeito Sobre o Peso do Produto

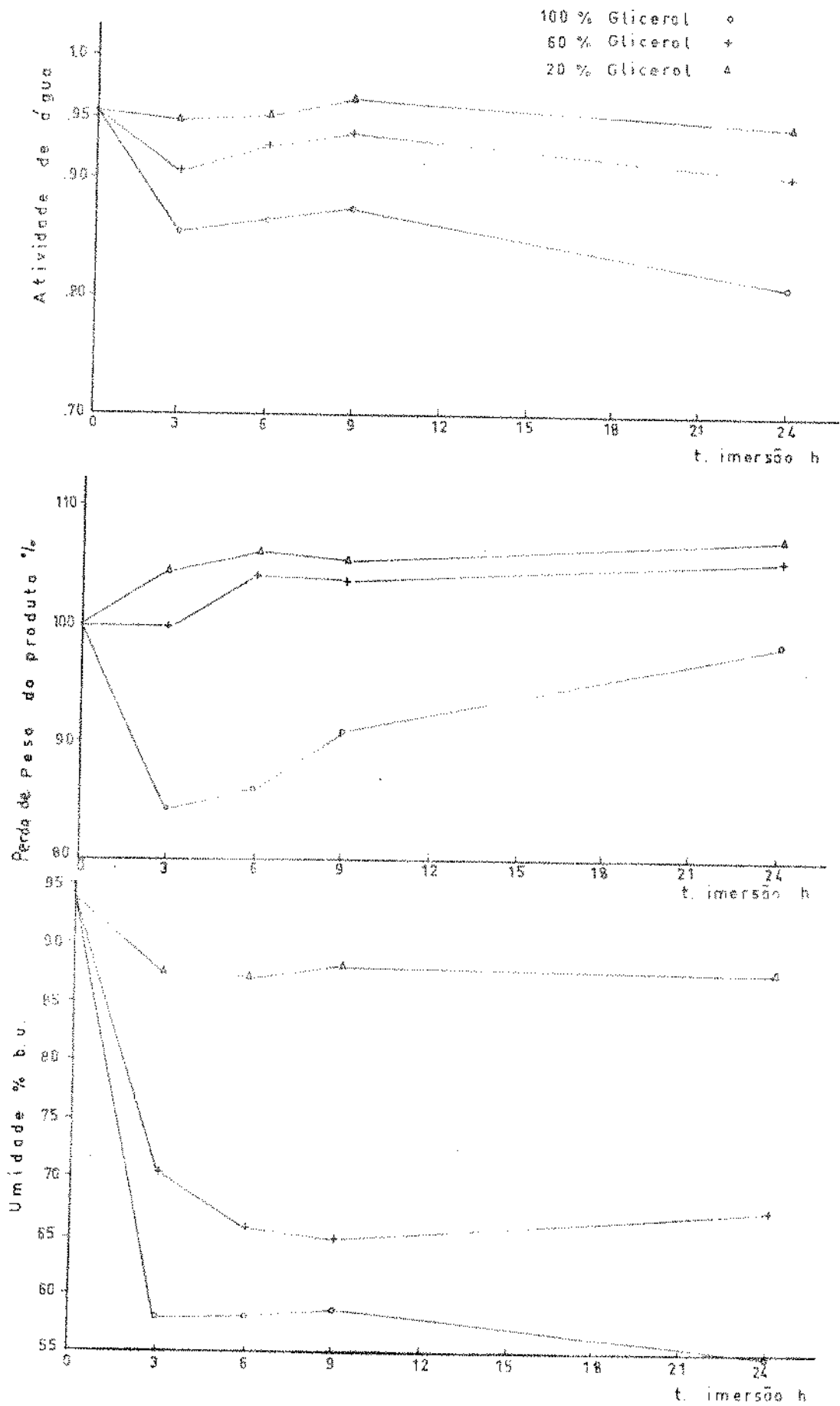
O peso do produto neste tratamento com glicerol, baixou 5.22%/hora e 0.03%/hora para as concentrações de

TABELA 5

Influência da concentração da solução de Glicerol sobre a absorção do soluto pelo produto.

Concentração	Tempo de Imersão (horas)	Atividade de Água (Aw)	Peso do produto %	Teor de Sólidos %	Teor de umidade % base Úmida
100% Glicerol	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,860	84,34	35,42	58,00
	6	0,870	86,83	36,38	56,10
	9	0,875	91,42	37,94	58,50
	24	0,814	96,50	45,31	54,00
60% Glicerol	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,906	99,91	29,42	70,55
	6	0,925	104,16	27,39	73,70
	9	0,936	103,75	36,63	64,50
	24	0,903	105,75	34,79	67,10
20% Glicerol	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,950	104,8	13,10	67,50
	6	0,954	106,3	13,60	67,20
	9	0,970	105,3	12,53	66,00
	24	0,946	107,5	13,22	67,70

Gráfico nº 4 Influência da concentração da solução de Glicerol sobre a absorção do soluto pelo produto.



100% e 60% de glicerol respectivamente, durante as 3 primeiras horas de imersão. Para a solução de 20%, neste mesmo período de tempo, aumentou 1.6% hora, de seu peso inicial. A partir da 3<sup>ª</sup> hora de imersão, o produto foi aumentando gradualmente de peso, até recuperar quase seu peso inicial, como no caso do glicerol puro, ou superá-lo, como nas soluções. O maior aumento de peso foi apresentado pelo produto imerso na solução menos concentrada (20%), ou com maior conteúdo de água.

#### 4.3.3.3 Efeito Sobre o Conteúdo de Umidade

A maior rebaixa no conteúdo de umidade foi apresentada pelo produto imerso em 100% de glicerol, seguindo-lhe o da solução 60% e por último a solução de 20%.

Estes resultados concordam com os encontrados por Shipman J.W. et al (29) onde afirmam que as maiores perdas de umidade, foram as encontradas para o produto imerso em soluções de alta concentração de glicerol.

O teor de umidade baixou respectivamente para as concentrações de 100%, 60% e 20% em 3.94%/hora, 3.27%/hora, 0.66%/hora, ao cabo das primeiras nove horas de imersão, e em 0.3%/hora, aumento de 0.17%/hora, 0.02%/hora, no período das 9-24 horas posteriores. Comparando os valores do teor de umidade, peso do produto e ati-

vidade de água respectivamente, pode-se dizer que a maior taxa de sólidos foi apresentado pelo produto imerso em glicerol puro (100%) e por conseguinte corresponde a maior redução na atividade de água e menor teor de umidade, resultados que estão de acordo com o estudo de Karmes e Chen (13).

#### 4.3.4 Mistura de Dois Solutos

Como verificou-se anteriormente, cada soluto por separado exerce uma influência diferente, sobre os parâmetros que determinarão um produto de umidade intermediária.

Tomando em conta que dos resultados obtidos no estudo dos solutos em forma individual, observou-se uma eficiência aparentemente maior, nos solutos puros, durante as 9 primeiras horas de imersão, e por conveniência da experiência, estabeleceu-se utilizar estes, como fatores constantes no resto das misturas a testar. Como se pode observar nas tabelas 6, 7, 8, as porcentagens de cada um dos solutos na mistura, procurou-se que estivessem em níveis altos, médios e baixos.

##### 4.3.4.1 Mistura Sal - Açúcar

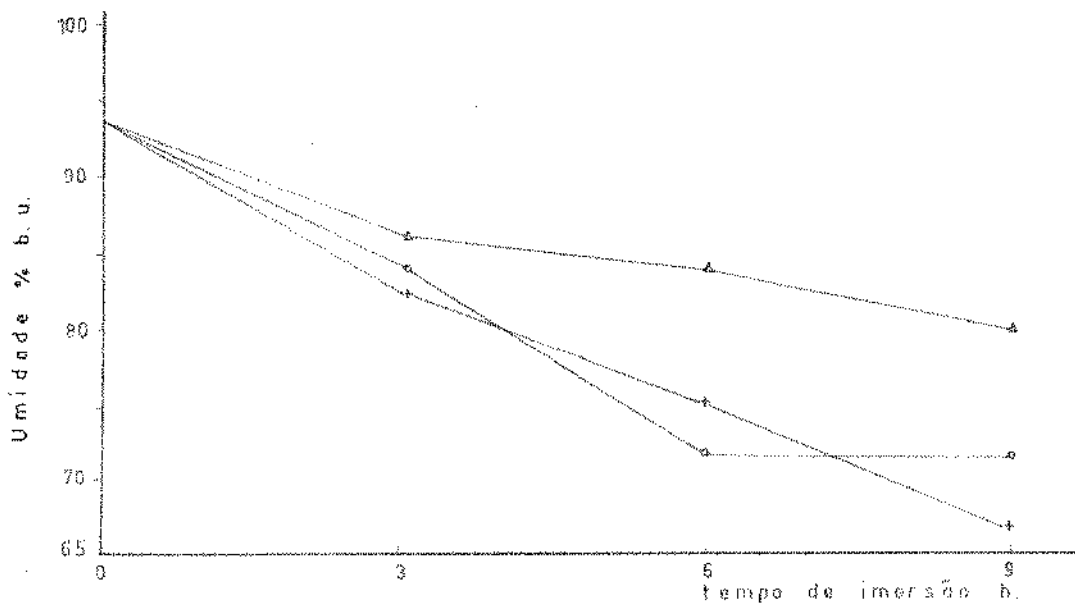
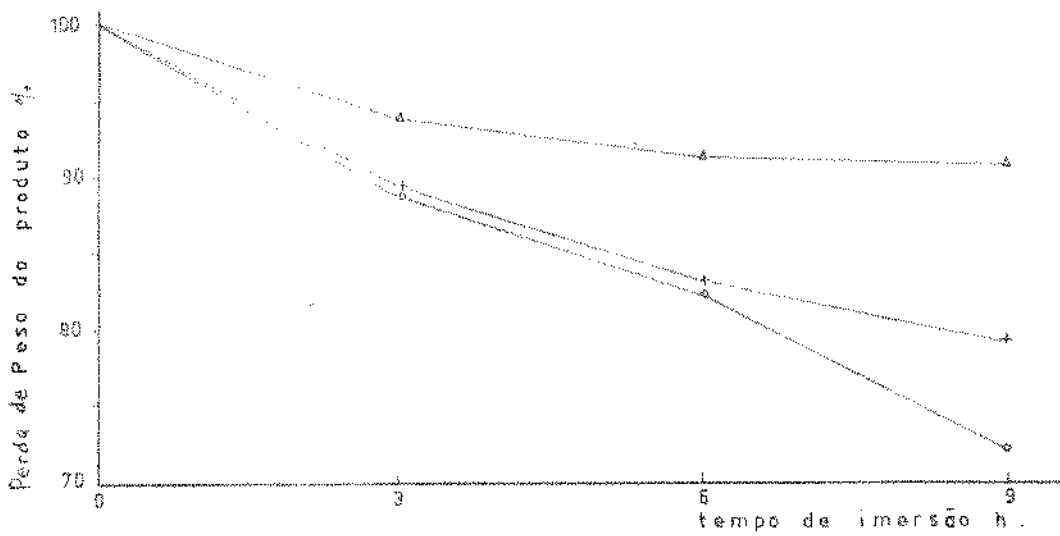
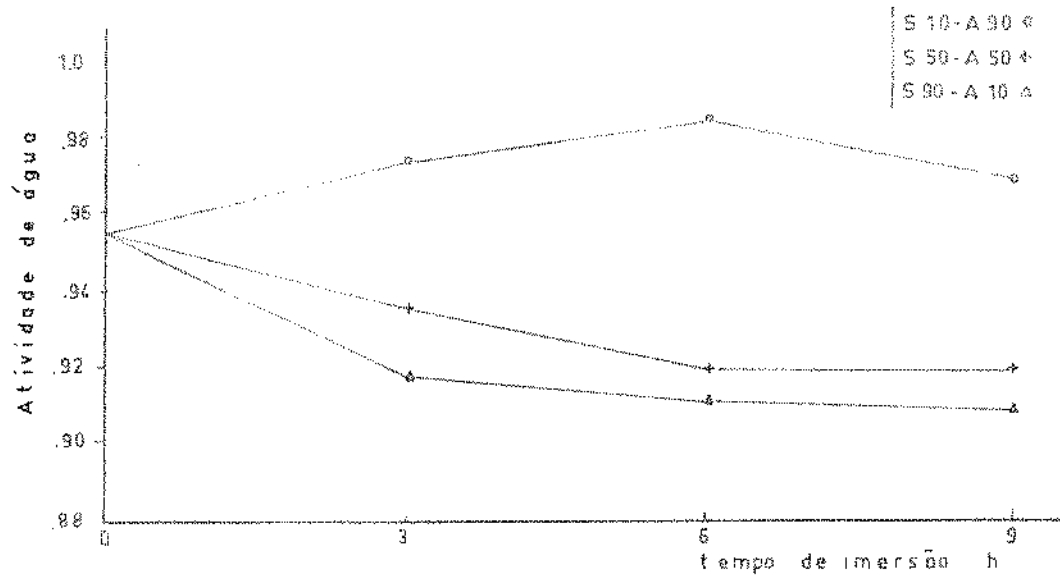
Os dados obtidos da mistura de solutos sal e

TABELA 6

Influência das diferentes proporções de solutos da mistura sal-açúcar sobre a absorção dos meses pelo produto

Mistura de Solutos (Proporção %)	Tempo de Imersão (horas)	Atividade de Água (Aw)	Perda de peso %	Teor de Sólidos %	Teor de Umidade % base úmida
Sal (10%) Açúcar (90%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,974	86,88	14,13	84,10
	6	0,965	82,28	23,04	72,00
	9	0,970	70,25	19,66	71,70
Sal (50%) Açúcar (50%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,935	89,00	15,66	82,40
	6	0,920	83,28	20,57	75,30
	9	0,920	79,86	26,35	67,00
Sal (90%) Açúcar (10%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,918	94,16	13,09	86,10
	6	0,912	91,49	14,84	84,00
	9	0,910	91,09	18,22	60,00

Gráfico nº 5 Influência das diferentes proporções de soluto da mistura Sol-Açúcar sobre a absorção dos mesmos,



açúcar estão expressos na tabela 6 e no gráfico 5 a representação gráfica desses valores.

a) Influência sobre a atividade de água

Considerando um tempo de 9 horas como o tempo total de imersão, pode-se observar que a melhor redução na atividade da água foi apresentada pela mistura de sal (90%) - açúcar (10%) com um valor de  $5.0 \times 10^{-3}$  /hora, seguindo-se a mistura de sal (50%) - açúcar (50%) com  $3.68 \times 10^{-3}$  /hora. A mistura de sal (10%) - açúcar (90%) aumentou a atividade da água num valor de  $1.66 \times 10^{-3}$  /hora.

Estes resultados mostram que o sal em proporções altas e médias, misturado com açúcar em proporções baixas e médias, produz redução notória na atividade da água, enquanto que proporções baixas de sal e altas de açúcar produzem o seu aumento.

b) Influência Sobre o Peso do Produto

Como se pode observar dos resultados, a maior perda de peso se apresentou em sua ordem para a mistura de menor teor de sal (10%) e maior teor de açúcar (90%), sendo esta de 3.3% hora. Seguiu-se em sua ordem a mistura de sal (50%) - açúcar (50%) com 2.24%/hora e a de sal (90%) - açúcar (10%) com 0.99%/ho-



ra. De modo geral a perda de peso é diretamente proporcional a menores teores de sal e maiores de açúcar, na mistura.

c) Influência Sobre o Teor de Umidade

Ao fim das 9 horas de imersão a mistura que apresentou uma maior redução no teor de umidade foi a de sal (50%) - açúcar (50%) com uma média de 3.0%/hora, seguindo-se a mistura de sal (10%) - açúcar (90%) com 2.48%/hora e a mistura sal (90%) - açúcar (10%) com 1.55%/hora.

Por aí se pode ver que o teor de umidade reduziu mais rapidamente em teores médios e altos de açúcar, enquanto que para teores baixos de açúcar e altos de sal, o teor de umidade foi mais alto.

Relacionando os três parâmetros analisados, pode-se dizer que o melhor resultado do conjunto, apresentou-se para a mistura de 50% de cada um dos solutos, já que a atividade de água foi muito próxima à melhor desta mistura, teve uma notável perda de peso e o teor mais baixo de umidade.

#### 4.3.4.2 Mistura Sal - Glicerol

A tabela 7 demonstra os dados obtidos e o gráfico 8 a representação gráfica desses dados.

##### a) Influência sobre a atividade da água

O abaixamento da atividade de água mostra que tanto o sal como o glicerol misturados em porcentagens altas, médias e baixas, dão resultados muito próximos durante as 9 horas de imersão do produto, como pode observar-se pela Tabela 7.

Apesar disto o melhor resultado, apresentou a mistura sal (50%) - glicerol (50%), com uma redução de  $10.5 \times 10^{-3}$ /hora, em seguida a mistura sal (90%) - glicerol (10%) com  $9.3 \times 10^{-3}$ /hora e por último a mistura sal (10%) - glicerol (90%) com  $8.9 \times 10^{-3}$ /hora.

##### b) Influência sobre o peso do produto

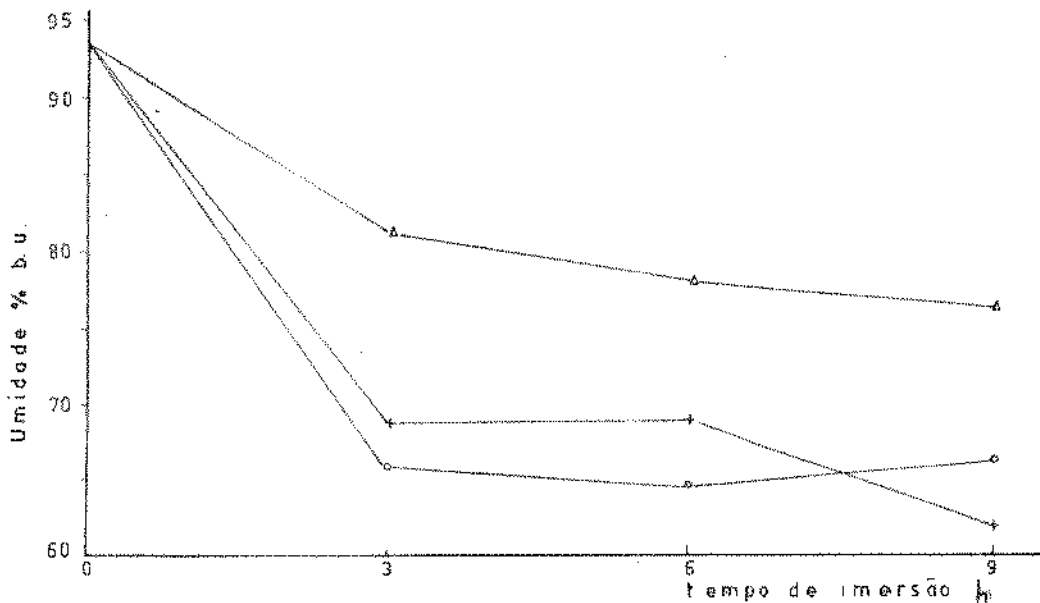
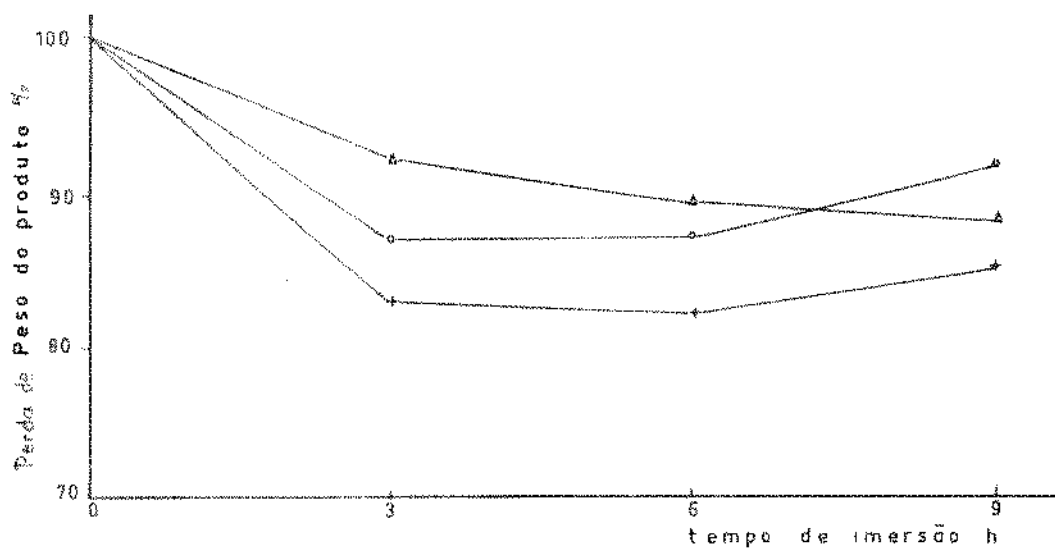
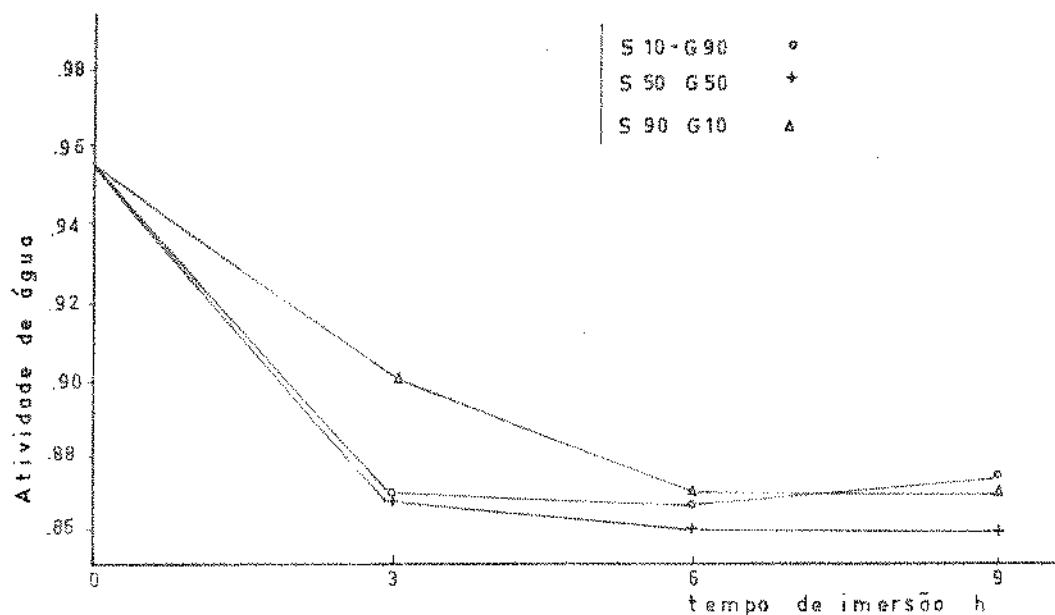
A maior redução na perda de peso no fim das 9 horas de imersão, foi apresentada pela mistura de 50% de cada um dos solutos com média de 1.64%/hora, em seguida o sal (90%) - glicerol (10%) com 1.27%/hora e por último a de sal (10%) - glicerol (90%) com 0.89%/hora. Na tabela pode-se apreciar, porém, que as mis

TABELA 7

Influência das diferentes proporções de solutos da mistura sal-glicerol, sobre a absorção dos mesmos pelo produto.

Mistura de Solutos (Proporção %)	Tempo de Imersão (horas)	Atividade de Água (Aw)	Perda de peso %	Teor de Sólidos %	Teor de umidade % base úmida
Sal (10%) Glicerol (90%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,870	87,25	29,75	65,90
	6	0,867	67,50	31,08	64,50
	9	0,875	92,00	30,81	68,40
Sal (50%) Glicerol (50%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,868	82,92	25,67	66,60
	6	0,860	82,26	25,56	66,90
	9	0,860	85,26	32,40	62,00
Sal (90%) Glicerol (10%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,901	92,42	17,26	81,30
	6	0,871	89,92	19,60	76,20
	9	0,871	88,50	20,68	76,40

Gráfico nº 6 Influência das diferentes proporções de soluto da mistura Sal-Glicerol, sobre a absorção dos mesmos.



turas onde aparece o glicerol em quantidades médias e altas, apresenta-se uma redução no peso durante as 6 primeiras horas, para incrementar-se de novo até o fim das 9 horas, coisa que não sucede com um menor teor de glicerol.

c) Influência sobre o teor de umidade

Considerando o fim do tempo de imersão as 9 horas, a maior redução no teor de umidade apresentou a mistura de 50% de cada soluto, com um valor médio de 3.55%/hora, seguindo-se, em ordem, a mistura de sal (10%)-glicerol (90%) com 3.06%/hora e a de sal (90%)-glicerol (10%) com 1.95%/hora. De igual forma que para a mistura de sal-açúcar, pode-se dizer que para as proporções médias e altas de glicerol, reduz mais rápido o teor de umidade, enquanto que para a porcentagem baixa neste soluto e alto no sal, o teor de umidade foi maior.

Dos resultados obtidos, comparando os três parâmetros estudados, aprecia-se que o melhor tratamento foi o realizado com sal e glicerol, a 50% de cada, já que apresentou a mais baixa atividade de água, menor peso no produto, mais baixo teor

de umidade e por conseguinte o mais alto teor de sólidos ou absorção de solutos pelo produto.

#### 4.3.4.3 Mistura Açúcar - Glicerol

##### a) Influência sobre a atividade de água

Os resultados desta experiência estão consignados na tabela 8 e a interpretação gráfica apresentada no gráfico 7.

A atividade de água encontrada como mais baixa utilizando esta mistura, correspondeu à uma maior porcentagem de glicerol (90%) e menor de açúcar (10%), a qual apresentou uma redução de  $7.76 \times 10^{-3}$ /hora.

Cada um dos solutos numa porcentagem de 50% na mistura utilizada, apresentou uma redução média de  $2.11 \times 10^{-3}$ /hora. A diferença das porcentagens anteriormente analisadas, a amostra com a mistura de mais alto teor de açúcar (90%) e mais baixo em glicerol (10%), apresentou um aumento sobre a atividade da água inicial, sendo este de  $1.22 \times 10^{-3}$ /hora.

##### b) Influência sobre o peso do produto

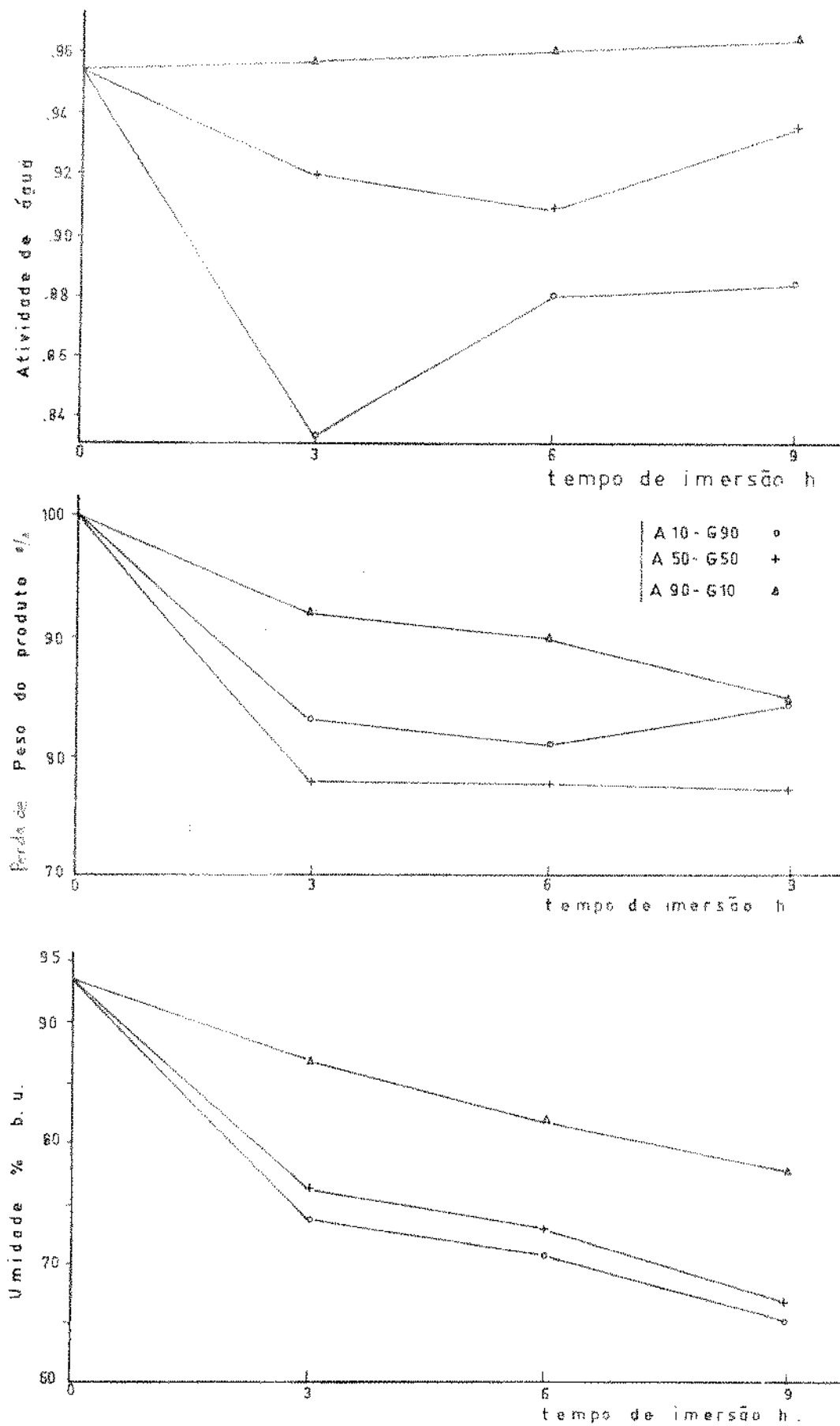
A maior perda de peso apresentou o produto imerso na mistura açúcar (50%) - glicerol

TABELA 8

Influência das diferentes proporções de solutos da mistura açúcar-glicerol sobre a absorção dos mesmos pelo produto

Mistura de Solutos (Proporção %)	Tempo de Imersão (horas)	Atividade de Água (Aw)	Perda de peso %	Teor de Sólidos %	Teor de umidade %
Açúcar (10%) Glicerol (90%)	0	0.955	100.00	6.01	93.99
	3	0.833	83.17	21.71	78.29
	6	0.681	61.25	23.72	70.80
	9	0.685	64.42	29.29	65.30
Açúcar (50%) Glicerol (50%)	0	0.955	100.00	6.01	93.99
	3	0.920	78.00	18.33	76.50
	6	0.909	77.58	20.91	73.05
	9	0.936	77.17	25.62	66.60
Açúcar (90%) Glicerol (10%)	0	0.955	100.00	6.01	93.99
	3	0.958	92.17	11.60	87.20
	6	0.962	90.34	16.26	82.00
	9	0.966	84.67	16.68	77.70

Gráfico nº 7 Influência das diferentes proporções de solutos da mistura Açúcar-Glicerol, sobre a absorção dos mesmos.





(50%), com uma média de 2.54%/hora, durante as 9 horas testadas.

No final do tempo total de imersão, a perda de peso do produto foi praticamente o mesmo para as outras duas misturas, isto é, a de açúcar (10%) - glicerol (90%) e açúcar (90%) - glicerol (10%) embora para chegar ao valor de perda de 1.72%/hora ao final das 9 horas, a redução de peso foi mais rápida nas primeiras delas, e mais gradual na segunda. Ver tabela 8.

c) Influência sobre o teor de umidade

O teor de umidade nesta experiência variou de menor a maior, nas misturas que apresentaram maior teor de glicerol e menor de açúcar inicialmente, e logo decrescendo o primeiro e aumentando o segundo. Sua maior redução, a apresentou com a mistura de açúcar (10%) e glicerol (90%), com um valor médio de 3.19%/hora, seguindo-se em ordem, a de 50% de cada soluto, com um valor próximo ao anterior, de 3.02%/hora. O valor mais alto foi o da mistura de açúcar (90%) e glicerol (10%), com uma redução média de 1.81%/hora.

Analisando em conjunto os resultados obtidos com a mistura destes solutos sobre os parâmetros estudados, pode-se ver que a presença de uma maior porcentagem de glicerol e uma menor de açúcar na mistura, resulta em maior redução na atividade de água, no teor de umidade e como consequência uma maior porcentagem de absorção do soluto.

#### 4.3.5 Mistura de Três Solutos

Em forma semelhante ao estudo das combinações de dois solutos, prosseguimos estudando o comportamento nas combinações de três solutos. Para isto, fizeram-se as combinações procurando que em seu total, aparecessem o sal, o açúcar e o glicerol em porcentagens altas, médias e baixas. As porcentagens de cada soluto na mistura, aparecem na tabela 9 e no gráfico 8 a interpretação gráfica desses resultados.

##### 4.3.5.1 Influência Sobre a Atividade da Água

Para facilitar a apresentação dos resultados obtidos com a mistura dos três solutos em diversas porcentagens, se mostra a continuação e em ordem de maior e me

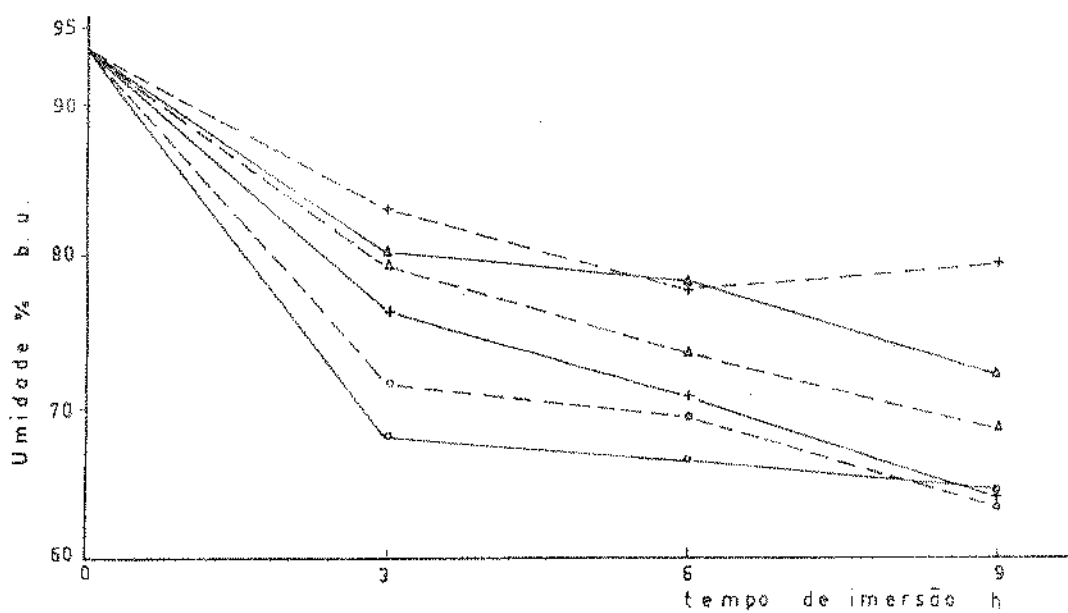
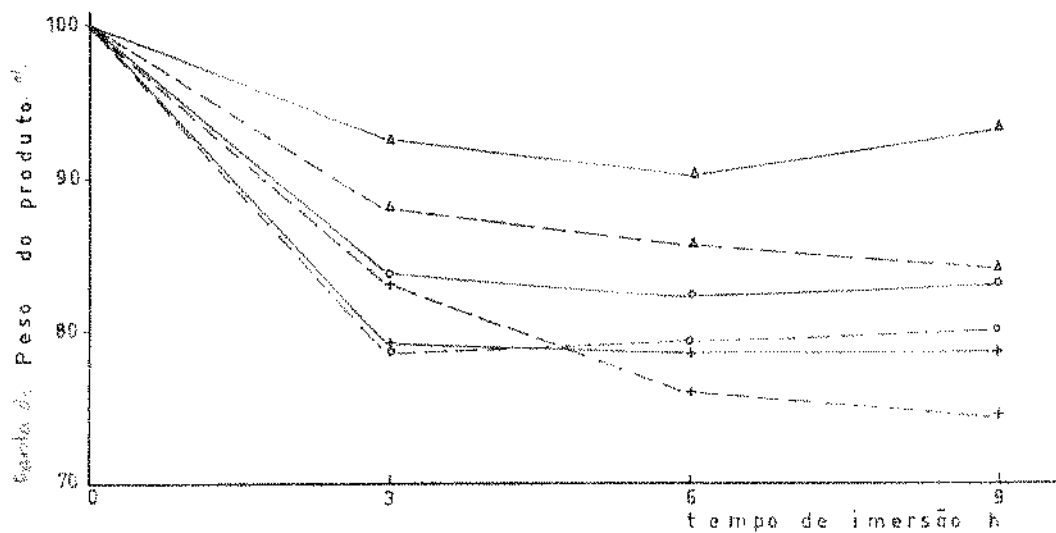
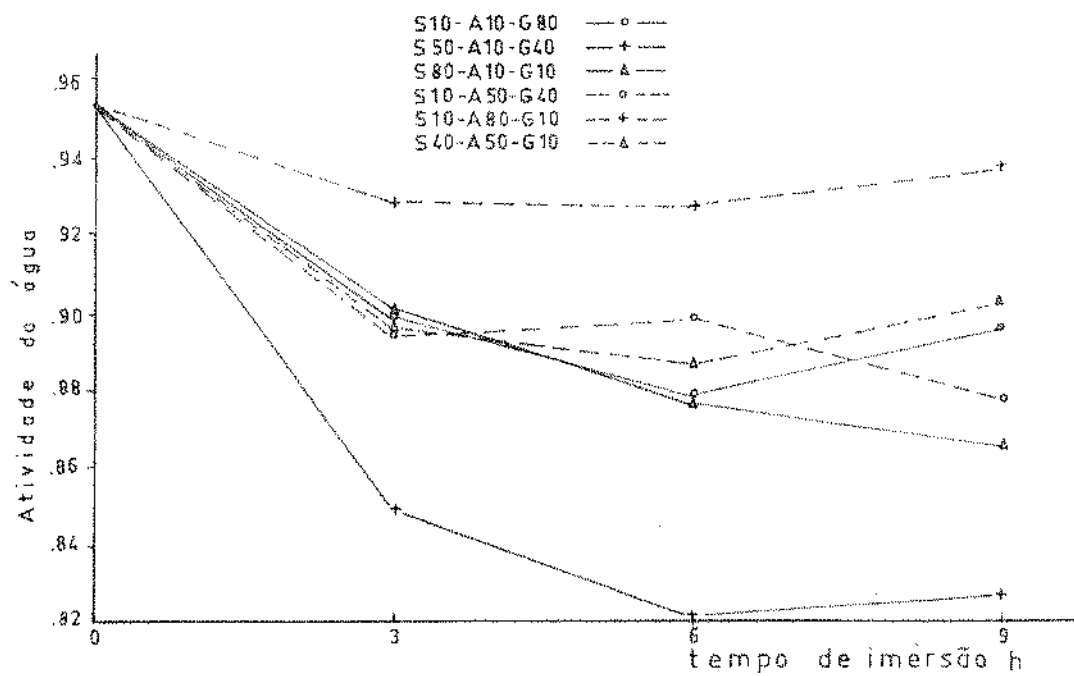
TABELA 9

Influência das diferentes proporções de solutos da mistura Sal-Açúcar-Glicerol, sobre a absorção dos mesmos pelo produto.

Misturas de Solutos (Proporção %)	Tempo de Imersão (horas)	Atividade de Água (Aw)	Peso do produto %	Teor de Sólidos %	Teor de Umidade %
Sal (10%)	0	0.955	100.00	6.01	93.99
Agúcar (10%)	3	0.900	83.75	26.63	66.20
Glicerol (80%)	6	0.879	82.34	27.50	66.60
	9	0.886	83.08	28.25	64.80
Sal (50%)	0	0.955	100.00	6.01	93.99
Agúcar (10%)	3	0.849	79.09	18.47	76.65
Glicerol (40%)	6	0.829	76.67	22.29	71.66
Sal (80%)	9	0.827	76.92	26.25	64.21
Sal (80%)	0	0.955	100.00	6.01	93.99
Agúcar (10%)	3	0.901	92.59	16.05	80.50
Glicerol (10%)	6	0.877	90.42	19.62	76.30
Sal (80%)	9	0.866	93.57	25.90	72.30

Misturas de Solutos (Proporção %)	Tempo de Imersão (horas)	Atividade de Água (Aw)	Perda de peso %	Teor de Sólidos %	Teor de Umidade %
Sal (10%) Açúcar (50%) Glicerol (10%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,894	78,08	21,96	71,87
	6	0,899	79,26	24,19	69,48
	9	0,876	80,08	28,88	63,93
Sal (10%) Açúcar (80%) Glicerol (10%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,929	83,09	13,86	83,32
	6	0,928	76,17	16,66	78,12
	9	0,938	74,83	15,26	79,60
Sal (40%) Açúcar (50%) Glicerol (10%)	0	0,955	100,00	6,01	93,99
	3	0,895	88,01	18,02	79,52
	6	0,887	85,89	22,47	73,84
	9	0,913	84,08	26,23	68,80

Gráfico nº 8 Influência das diferentes proporções de solutos da mistura Sal-Açúcar-Glicerol, sobre a absorção dos mesmos.



nor efetividade da mistura, a redução do valor de  $A_w$ , no fim das 9 horas de imersão.

<u>Mistura</u>	Redução de $A_w \times 10^{-3}$ / hora
Sal (50%) Açúcar (10%) Glicerol (40%)	14.22
Sal (80%) Açúcar (10%) Glicerol (10%)	9.89
Sal (10%) Açúcar (50%) Glicerol (40%)	8.55
Sal (10%) Açúcar (10%) Glicerol (80%)	8.55
Sal (40%) Açúcar (50%) Glicerol (10%)	4.67
Sal (10%) Açúcar (80%) Glicerol (10%)	1.89

Destes resultados pode-se observar que a melhor combinação foi a de sal 50% - açúcar 10% - glicerol 40%.

com grande vantagem sobre as demais, e as duas seguintes deram valores próximos e efetivos na redução da Aw. Nessas, o sal se encontrou nas três percentagens, alta, média e baixa, enquanto que o açúcar e o glicerol se apresentaram em percentagens médias e baixas. A combinação mais efetiva apresentou percentagens médias de sal e glicerol, e baixa de açúcar.

As três últimas combinações cuja redução efetiva foi menor, apresentou o açúcar em percentagem alta, média e baixa; o sal em percentagem média e baixa e o glicerol em percentagem alta e baixa.

#### 4.3.5.2 Influência Sobre o Peso do Produto

Apresentam-se os resultados da mesma maneira que o numeral anterior, de maior e menor efetividade ao fim das 9 horas de imersão.

<u>Mistura</u>	<u>% de perda de peso/hora</u>
Sal (10%)	
Açúcar (80%)	2.79%
Glicerol (10%)	
Sal (50%)	
Açúcar (10%)	2.34
Glicerol (40%)	

Sal (10%)	
Açúcar (50%)	2.21
Glicerol (40%)	
Sal (10%)	
Açúcar (10%)	1.88
Glicerol (80%)	
Sal (40%)	
Açúcar (50%)	1.77
Glicerol (10%)	
Sal (80%)	
Açúcar (10%)	0.72
Glicerol (10%)	

A maior perda de peso foi apresentada pela mistura na qual encontrou-se a maior porcentagem de açúcar (80%) e menor dos outros solutos. Bem como a menor perda foi apresentada pela mistura com maior porcentagem de sal (80%) e menor de açúcar e glicerol; isto corresponde ao primeiro e último lugar em efetividade das misturas.

As misturas com sal e glicerol, e açúcar e glicerol, em valores médios, deram resultados muito próximos, 2.34 e 2.21% de perda de peso por hora, ocupando o segundo e terceiro lugar em efetividade.

O sal e o açúcar em porcentagens baixas e médias também deram resultados muito próximos (1.88% e 1.77%/hora) correspondentes ao quarto e quinto lugar na



redução de peso do produto.

#### 4.3.5.3 Influência Sobre o Teor de Umidade

Os resultados que são demonstrados a seguir correspondem à ordem de maior a menor efetividade, sobre o teor de umidade nas diferentes porcentagens das misturas de solutos:

<u>Mistura</u>	<u>% de perda de umidade/hora</u>
Sal (50%)	
Açúcar (10%)	3.31
Glicerol (40%)	
Sal (10%)	
Açúcar (10%)	3.24
Glicerol (80%)	
Sal (40%)	
Açúcar (50%)	2.80
Glicerol (10%)	
Sal (80%)	
Açúcar (10%)	2.41
Glicerol (10%)	
Sal (10%)	
Açúcar (80%)	1.60
Glicerol (10%)	

Da sequência relacionada pode-se observar que as três primeiras combinações deram resultados muito próximos quanto à perda de umidade. As duas primeiras combinações correspondentes de açúcar (50%) - glicerol (40%) - sal (10%) e sal (50%) - glicerol (40%) - açúcar (10%), foram praticamente iguais.

A combinação de sal-açúcar em valores médios, e baixo em glicerol, ocupou o quarto lugar em efetividade, embora sua porcentagem de baixa de umidade por hora, não se afaste notavelmente das três primeiras combinações.

As porcentagens altas de sal e açúcar correspondem às combinações que ocuparam o quinto e sexto lugar em efetividade.

Fazendo um estudo global dos resultados mostrados pelas diferentes combinações, pode-se ver que a mistura formada por sal (50%) - glicerol (40%) - açúcar (10%) ocupou o segundo lugar em efetividade tanto o abaixamento de peso como no teor de umidade do produto, e proporcionou o melhor resultado na redução de atividade da água, características que, combinadas entre si foram as melhores na obtenção de vagem com umidade intermediária.

Outras combinações, que embora menos efetivas que a anterior, mas que apresentaram resultados satisfatórios no controle da umidade, perda de peso e atividade de água, foram as misturas de sal (10%) - açúcar (50%) - glicerol (40%), ocupando o terceiro lugar em redução de  $A_w$  e

perda de peso, e o primeiro no do teor de umidade, e também a mistura de sal (10%) - açúcar (10%) e glicerol (80%), que ocupou o quarto lugar na redução de  $A_w$  e perda de peso, e o terceiro em diminuição do conteúdo de umidade.

Como resultados finais neste estudo dos diferentes métodos para a redução da atividade da água, fator principal na obtenção de alimentos de umidade intermediária, pode-se afirmar que, com nenhum dos métodos estudados conseguiu-se um valor de  $A_w$  suficientemente seguro para a inativação microbiológica do produto, em tempo relativamente curto, sendo necessário uma secagem adicional com ar quente, até atingir a  $A_w = 0.65$ , como valor indicado para a conservação do produto. No tempo estabelecido, os solutos individualmente foram menos efetivos em alcançar valores baixos de  $A_w$ , que as misturas de dois, e estas por sua vez menos efetivas que as misturas de três.

#### 4.3.6 Secagem Complementar

A tabela 11 indica os valores de tempo, peso, teor de umidade e atividade da água obtidos durante este processo, observando-se um tempo de 2 e meia horas para uma perda de peso de 27.56% da % total perdida durante todo o processo (44.77%). Com este tempo, conseguiram-se também as condições de umidade e atividade da água, recomendadas para alimentos de umidade intermediária, segundo Bone (4) e

TABELA 11

Processo de secagem com ar a 55<sup>o</sup>C, complementar ao processo de imersão na mistura escolhida.

Tempo (horas)	Peso do produto (g)	Teor de Umidade % base úmida	Atividade de Água (Aw)
0	1.490	65.00	0.827
1	1.212	58.97	0.722
1 3/4	1.072	51.95	-
2 1/2	994	47.53	0.648

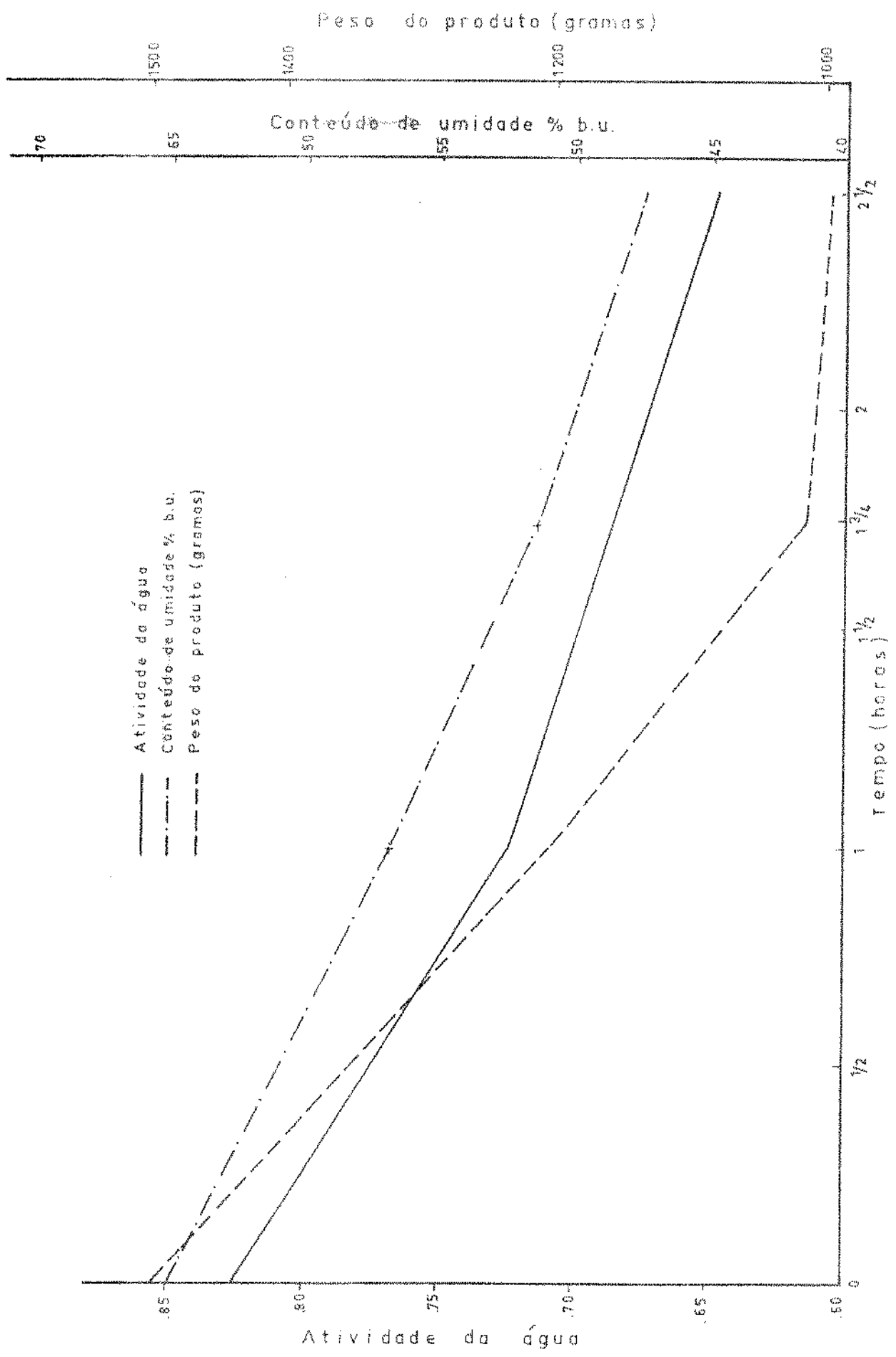


Gráfico nº 10 Processo de secagem com ar a 55°C, complementar ao processo de imersão na mistura selecionada.

Labuza (15). Ver gráfico 10.

#### 4.3.7 Reconstituição do Produto

Segundo o plano de pesquisa, o trabalho foi desenvolvido estudando-se dois métodos de reconstituição, controlando-se em ambos o aumento de peso, de umidade e absorção do NaCl. O tempo de reconstituição limitou-se ao menor possível, devido aos inconvenientes que apresentaria um alimento com tempo demasiado longo de preparo para poder ser consumido; daí o interesse em estudar as condições de reidratação. Ver tabelas 12 e 13 e o gráfico 11.

##### 4.3.7.1 Reidratação Fria

Os resultados apresentados aparecem na tabela 12. Demonstram que no fim de 4 horas de imersão em água destilada fria, o produto alcançou um aumento de apenas 30% sobre o seu peso seco, um teor de umidade de 82.34% e um conteúdo de NaCl de 4.85%.

Tomando-se em conta que na preparação de vagem de umidade intermediária, perdeu-se 44% de seu peso fresco (1800 gr iniciais e 994 gr à saída do secador) e com a reidratação fria ganhou-se 30% de peso, pode-se apreciar que faltaria um aumento de 14% para atingir sua condição inicial. Isto mesmo poderia aplicar-se ao teor de umidade.

TABELA 12

Variação em peso, umidade e conteúdo de NaCl, durante o processo de reidratação na água destilada fria na temperatura ambiente

Tempo de Imersão (horas)	Peso* anterior (g)	Peso* Posterior (g)	Aumento de*		Conteúdo de*		Conteúdo de* NaCl %
			Peso %		umidade % base úmida		
0	10.00	10.00	0.0		49.96		13.84
1/2	10.00	11.50	15.50		63.64		9.99
1	10.00	11.75	17.16		71.23		8.99
1 1/2	10.00	11.98	19.77		73.15		7.13
2	10.00	12.16	21.66		77.08		6.56
2 1/2	-	-	-		-		-
3	10.00	12.81	28.17		82.71		4.85
3 1/2	-	-	-		-		-
4	10.00	13.00	30.00		82.34		4.14

\* Valor médio de três repetições.

TABELA 13

Varição em peso , umidade e conteúdo de NaCl, durante o processo de reidratação em água destilada 90°C

Tempo de Imersão (horas)	Peso* anterior (g)	Peso* posterior (g)	Aumento de* Peso %	Conteúdo de* umidade % base úmida	Conteúdo de NaCl %
0	10.00	10.00	0.0	49.96	13.84
1/2	10.00	11.76	17.66	72.17	7.17
1	10.00	12.06	20.66	74.70	6.75
1 1/2	-	-	-	-	-
2	10.00	12.85	28.50	80.89	4.92

\* Valor médio de três repetições.



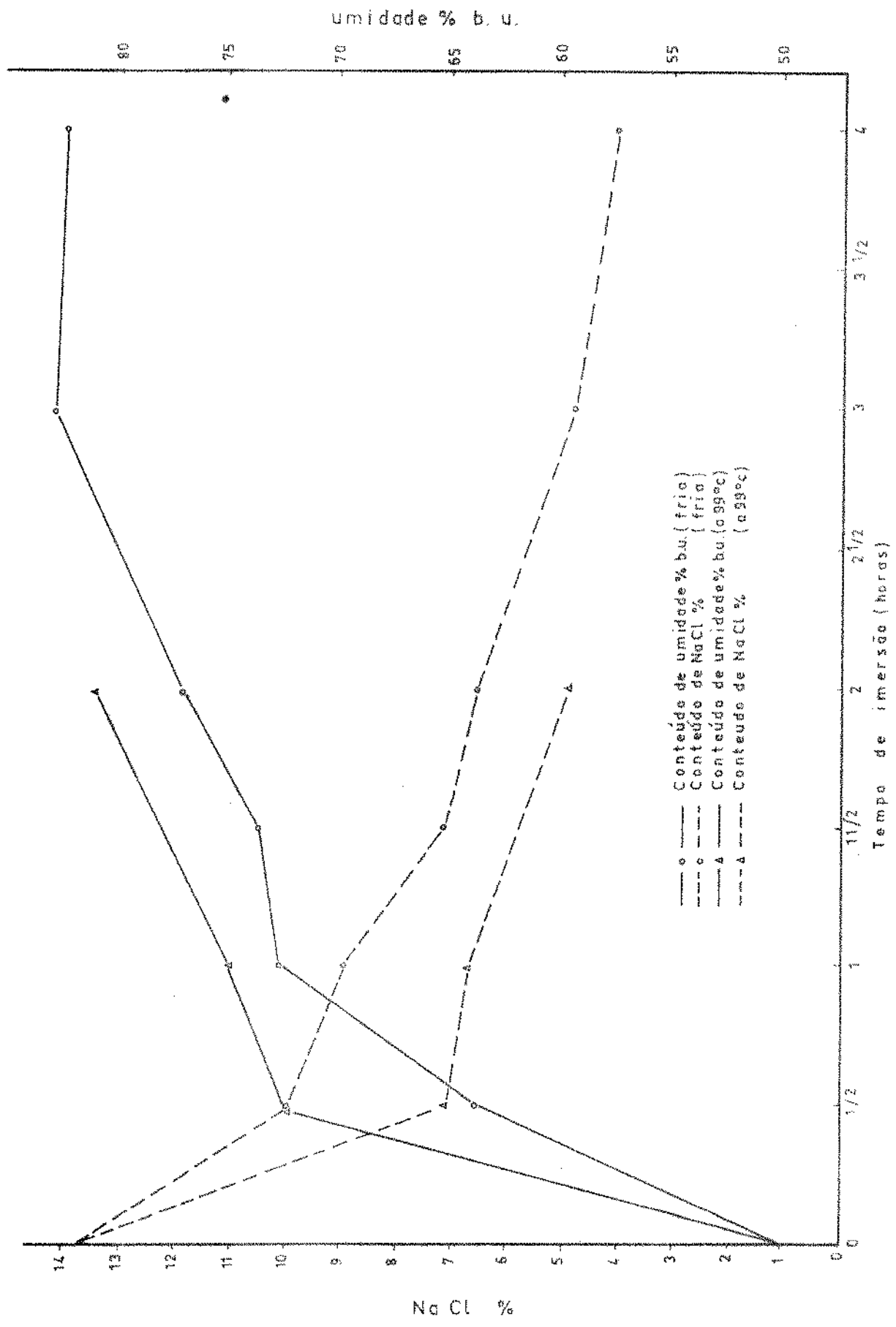


Gráfico nº 11 variação de umidade e conteúdo de NaCl, durante o processo de reidratação em água destilada fria, e a 90°C.

já que lhe faltaria ganhar 11.65%.

#### 4.3.7.2 Reidratação a Quente

Como já foi dito anteriormente, para conseguir a condição inicial da vagem, não se submeteu a tempos mais prolongados de imersão, mas tentou-se buscar outros parâmetros que melhorassem as condições de reidratação, como é o caso da elevação de temperatura da água de imersão. Pode-se apreciar pelos dados constantes da tabela 13, que nesta reidratação, conseguiram-se quase as mesmas condições que na reidratação a frio, reduzido aproximadamente à metade do tempo.

#### 4.3.8 Análise Química

##### 4.3.8.1 Controle de Absorção de Cloreto de Sódio

Como se pode observar pelos dados contantes da Tabela 10, a absorção processou-se de forma gradual, sendo melhor nas primeiras duas horas; nas seguintes quatro horas foi bastante lenta mas a partir deste tempo, incrementou-se notavelmente a absorção. Em forma paralela, o conteúdo de umidade apresentou um comportamento similar. Ver gráfico 5.

TABELA 10

Absorção do Cloreto de Sódio e diminuição do teor de umidade durante o tempo de imersão de vagem na mistura Sal (50%) - Açúcar (10%) - Glicerol (40%)

Tempo (horas)	Teor de Umidade % base úmida	Teor de NaCl %
0	93.99	0.7134
1		
2	79.69	5.7073
3		
4	72.11	6.5633
5		
6	70.71	6.8487
7	66.06	7.9902
8	65.96	8.7035
9	64.17	10.7011

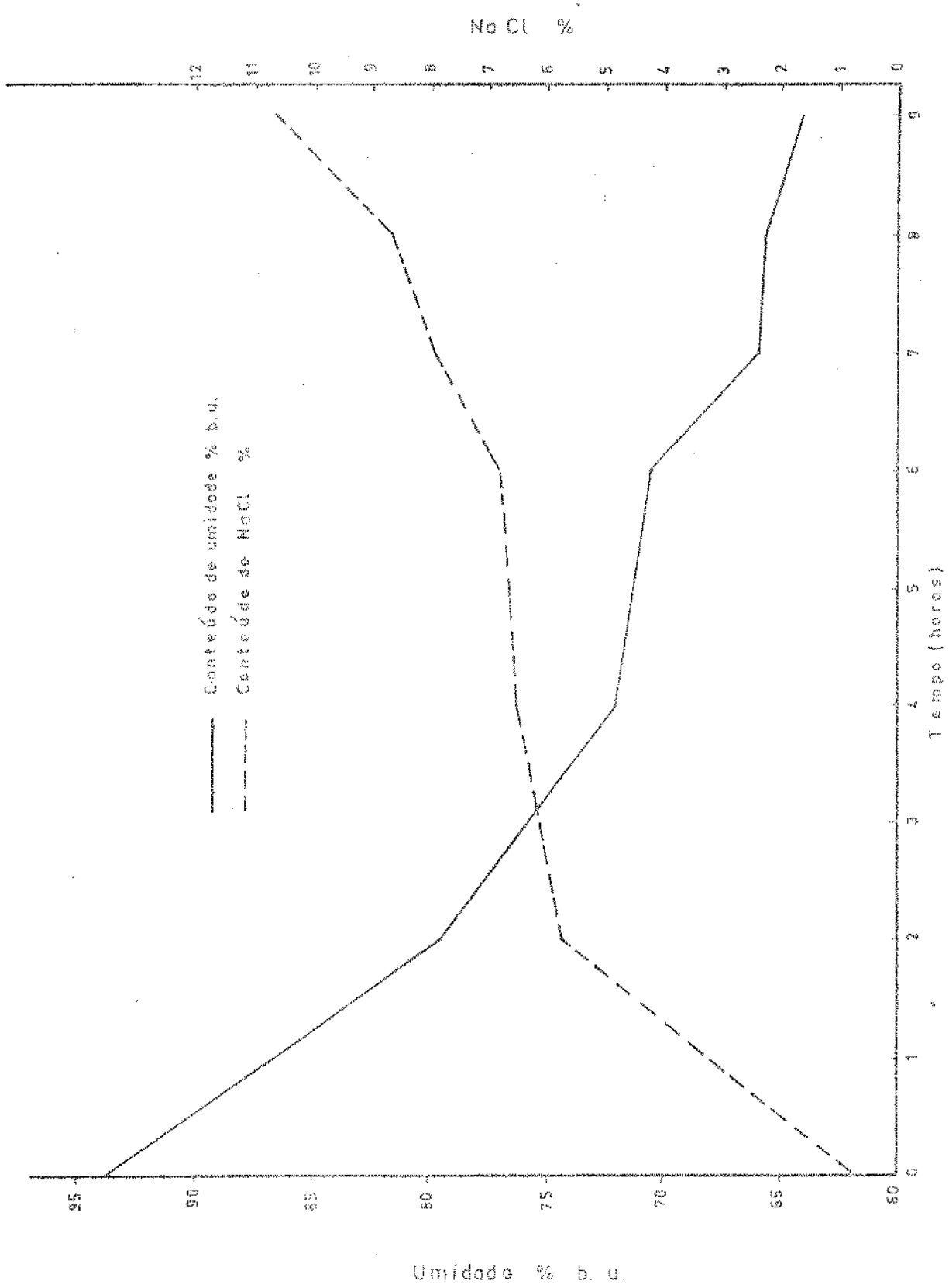


Gráfico nº 9 Absorção do Cloreto de Sódio durante o tempo de imersão da vogem na mistura, Sal (50 %) - Açúcar (10 %) - Glicerol (40 %).

#### 4.3.9 Análise Microbiológica

Seguindo o procedimento descrito no capítulo de materiais e métodos, fizeram-se a contagem da contaminação microbiológica na vagem imediatamente depois do escaldamento, e na obtida no produto com umidade intermediária. Os resultados constam na tabela 14, podendo-se observar que os resultados são perfeitamente normais, indicando que a redução de atividade de água manteve as boas qualidades do produto, no que se refere à contaminações microbiológicas.

TABELA 14

Contagem total de aeróbios de vagem com umidade intermediária.

Tempo de Estocagem (dias)	Contagem ( <u>micro-organismos</u> ) g
Vagem recém Escaldada	$7.2 \times 10^3$
1	$1.7 \times 10^4$
15	$3.0 \times 10^5$
30	$2.9 \times 10^4$
45	$8.5 \times 10^3$
60	$2.5 \times 10^2$
75	$1.6 \times 10^3$
90	$4.0 \times 10^2$
105	$6.6 \times 10^4$
135	$2.5 \times 10^3$

## V - CONCLUSÕES

Os dados experimentais e discutidos no presente trabalho, nos levam a algumas conclusões, que passamos a expor:

- 5.1. O escaldamento ("blanching") aplicado às hortaliças frescas no início do processo de preservação é, talvez um dos principais fatores significativos a consideração na tecnologia dos produtos de umidade intermediária.
- 5.2. A utilização de solutos puros no estudo em causa, proporcionou melhores resultados com relação a redução da atividade de água, a perda de peso, e teor de umidade, do que quando empregados na forma de solução.
- 5.3. Verificou-se que os solutos na forma individual foram menos eficientes na redução da atividade de água, do que as misturas de dois solutos, é estas por sua vez menos eficientes do que as misturas de tres solutos.
- 5.4. Nas condições do presente trabalho, a maior redução da atividade de água, foi alcançada com a mistura :

sal + glicerol + açúcar (50:40:10), ao valor de 0,827, após 7 horas de contato.

- 5.5. Nenhuma das misturas de solutos estudadas conseguiu reduzir a atividade de água ao valor de 0,7, que representa o limite de estabilidade microbiológica, necessitando-se desidratação complementar (ar aquecido 55°C) para atingir o referido valor.
- 5.6. As condições mais satisfatórias de reconstituição do tecido, se verificam pela utilização de água aquecida (90°C).
- 5.7. As amostras obtidas mantiveram-se estáveis em relação às contaminações microbiológicas, durante 4.5 meses de armazenamento nas condições ambientais normais.
- 5.8. O processo de preparação de alimentos pela técnica do abaixamento de atividade de água, parece ser de significativo valor, como tecnologia intermediária para os países em desenvolvimento.



## VI . BIBLIOGRAFIA

1. ACKER, L.W. Enzyme activity at low water contents. In: LEITCH, J.M. & RHODES, D.N. Recent advances in food science. London, Butterworth's, 1963.
2. \_\_\_\_\_ Water activity and enzyme activity. Food Technol. 23 (10): 1257, 1969.
3. BONE, D. Water activity: its chemistry and applications. Food Prod. Devel. 81, August, 1969.
4. \_\_\_\_\_ Water activity in intermediate moisture foods. Food Technol. 27 (4): 71-76, 1973.
5. BROCKMAN, M.C. Development of intermediate moisture foods for military use. Food Technol. 24 (8): 896-900, 1970.
6. BULL, H.B. & BREESE, K. Protein hydration. Arch. Biochem. Biophys. 128, 488, 1968.
7. COLLINS, L.J. et al. Preliminary studies on some properties of intermediate moisture deep-fried fish flesh. J. Food Sci. 37:189.
8. CRUESS, W.V. Commercial fruit and vegetables products. 4 ed. New York, MacGraw-Hill, 1958.
9. DUCKWORTH, R.B. & SHMIT, G. Environment for chemical change in dried and brozen foods. Proc. Nutr. Soc. 22, 182, 1963.
10. GEE, M.; FARKAS, D. & RAHMAN, A.R. Some concepts for the development of intermediate moisture foods. Food Technol. 31 (4): 58, 1977.

11. GREGG, S.J. & SING, K.S. Absorption surface area and porosity. New York, Academic Press, 1967.
12. TANNON, M. Commercial development of intermediate moisture foods. Food Technol. 24(8): 889-893, 1970.
13. KARMAK, F. & CHEN, C.C. Relationship between water activity and water binding in high and intermediate moisture foods. J. Food Sci. 40: 800-801, 1975.
14. LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. Food Technol. 22, 15, 1968.
15. \_\_\_\_\_; TANNENBAUM, S.R. & KAREL, M. Water content and stability of low moisture and intermediate moisture foods. Food Technol. 24(5): 543-548, 1970.
16. \_\_\_\_\_; Properties of water as related to the keeping quality of foods. In: Proc. 3rd. Int. Cong. Food Sci. and Tech., 1971 p. 618.
17. \_\_\_\_\_; CASSILS, S. & SINSKEY, A.J. Stability of intermediate moisture foods. J. Food Sci., 37(1): 160-162, 1972.
18. \_\_\_\_\_ et al. Stability of intermediate moisture foods. J. Food Sci. 37(1): 154-158, 1972.
19. \_\_\_\_\_. Effects of dehydration and storage. Food Technol. (1):20-26, 1973.
20. \_\_\_\_\_. Sorption phenomena in foods: theoretical and practical aspects. In: RHA, CHOKYUN. Theory determination and control of physical properties of food materials, 1975. p. 197-219.

21. LEES, R. Manual de Análises de Alimentos; trad. de Andrés Marcos Barrado. Zaragoza, Acribia, 1968.
22. LONCIN, M.; DIMBENET, J.J. & LENGES, J. Influence of the activity of water on the spoilage of foodstuffs. *J. Food Technol.* 3 (3):131-142, 1968.
23. MOHSENIN, N.N. Physical properties of plant and animal materials. New York, Gordon and Breach Science, 1970. v. 1, p. 66-67.
24. MOORE, W.J. Físico-Química, trad. por César, H.L.. Ao Livro Técnico, Ed. da Universidade de São Paulo, Rio de Janeiro, 1968.
25. PRADO, A. Elementos de Físico-Química. Rio de Janeiro, 1968.
26. PONTING, J.R. et al. Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol.* 23 (10): 125-128, (1365-1368), 1966.
27. ROCKLAND, L.B. Water activity and storage stability. *Food Technol.* 23 (10): 11-18 (1241-1251), 1969.
28. SHARF, J.M. Exame microbiológico de alimentos; trad. de Miguel Falcone. São Paulo, Ed. Polígono, 1972.
29. SHIPMAN, J.W. et al. Improvement of the texture of dehydrated celery by glicerol treatment. *J. Food Sci.* 37: 568-571, 1972.
30. SOURIRAJAN, S. Reverse osmoses. New York, Academic Press, 1970.
31. STAUNTON, E. Textbook of biophysical chemistry. 2 ed. New York, Mcmillan, 1957.

32. THAIN, J.F. Principles of osmotic phenomena. London,  
Royal Institute of Chemistry. Monographs for Teachers,  
n° 13, 1967.
33. VAN ARSDEL, W.B. Food dehydration. Westport, AVI, 1963.