

SÍLVIA MARIA ALMEIDA DE SOUZA

OBTENÇÃO DE PASTAS DE ABACATE (*Persea americana*,
Collinson) E PEIXE (*Engraulis* ssp). POR SECAGEM A FRIO
E SUA AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
de Lavras, como parte das exigências do Curso de
Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para ob-
tenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1993

SILVIA MARIA ALMEIDA DE SOUZA

Departamento

1981

1981

OBTENÇÃO DE PASTAS DE ABACATE (Persea gratissima
Collinson) E PEIXE (linguilla esp.) POR SECAÇÃO A FRIO
E SUA AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

[REDACTED]

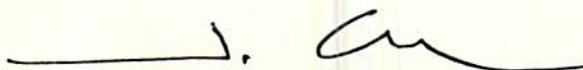
Los operarios a toda hora de las
de lavar como para las exigencias de
Medicamentos en el caso de Alimento para el
modo de uso de MESTRE.

Leite
C.A. D.E. 1981

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1981

OBTENÇÃO DE PASTAS DE ABACATE (*Persea americana*, Collinson)
E PEIXE (*Engraulis ssp.*) POR SECAGEM A FRIO
E SUA AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

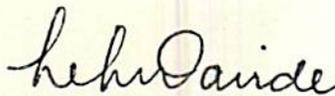
APROVADA:



Prof. Dr. José Cal-Vidal
Orientador



Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria



Profa. Dra. Lisete Chamma Davide

A Deus por teu

amor e verdade

sempre, por tudo ...

Aos meus pais, Germinio (in memoriam)

e Maria

OFEREÇO

A minha irmã Leusdi e sobrinhas

Elaine e Késsia pelo apoio,

presença e carinho

DEDICO

BIOGRAFIA DO AUTOR

SÍLVIA MARIA ALMEIDA DE SOUZA, nasceu na cidade de Mucuricí no dia 28 de abril de 1960, Espírito Santo.

Diplomou-se em Engenharia de Alimentos em 1986 pela Universidade Federal de Viçosa, MG. Em 1991 iniciou o curso de pós-graduação a nível de Mestrado, na área de Engenharia de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, concluindo-o em 1993.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) pela oportunidade de usufruir de toda sua estrutura.

Ao professor José Cal-Vidal pela orientação.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pelo aprendizado.

Ao Coordenador do Curso, professor Adimilson Bosco Chitarra, pelo apoio.

As professoras Eliana Pinheiro de Carvalho e Lisete Chamma Davide pelo incentivo, ensinamento e disposição durante a realização deste trabalho.

Aos professores Gilvan F. Rabello e Ruben Deli Veiga pela valiosa contribuição na execução deste trabalho.

Aos professores Adimilson Bosco Chitarra, Maria Isabel F. Chitarra e Vânia Déa pela permissão do uso de laboratório.

As funcionárias Ana e Aparecida pela excelente colaboração durante a fase experimental.

Aos funcionários da EPAMIG pelo auxílio na execução das análises.

Aos colegas do LAFIM pela amizade e colaboração, em especial a Helena, Neila e Rogério.

As amigas Aloyséia, Celeste, Marcela, Mônica, Mariângela, Kelly e Sônia pela compreensão.

Ao amigo Gilmar pelo apoio e amizade.

Finalmente aos funcionários do DCA e todos os amigos que direta e indiretamente contribuíram para realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 01 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 04 |
| 2.1. Secagem a frio | 04 |
| 2.1.1. Conceito | 04 |
| 2.1.2. Fatores limitantes | 05 |
| 2.1.3. Aplicações e considerações | 07 |
| 2.2. Atividade de água (a_w) | 08 |
| 2.3. Alimentos de Umidade Intermediária (AUI) | 12 |
| 2.3.1. Umectantes | 15 |
| 2.4. Atividade da água e a estabilidade dos alimentos .. | 17 |
| 2.4.1. Atividade de água e crescimento microbiano .. | 17 |
| 2.4.2. Efeito da atividade da água e do teor de água na deterioração química dos alimentos | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5. O conceito de emulsão | 25 |
| 2.5.1. Emulsões alimentares | 26 |
| 2.5.2. Floculação e coalescência | 27 |
| 2.5.3. Atividade de água numa emulsão | 28 |
| 2.5.4. Comportamento reológico de emulsões alimen- tícias | 29 |
| 2.6. Vida de prateleira | 30 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 33 |
| 3.1. Materiais | 33 |
| 3.1.1. Matéria prima | 33 |
| 3.1.1.1. Preparação dos cremes | 33 |
| 3.1.1.2. Secagem a frio | 34 |
| 3.2. Métodos | 34 |
| 3.2.1. Análises químicas | 34 |
| 3.2.1.1. pH | 34 |
| 3.2.1.2. Teor de umidade | 36 |
| 3.2.2. Análises físicas | 36 |
| 3.2.2.1. Atividade de água (a_w) | 36 |
| 3.2.2.2. Reolôgia | 37 |
| 3.2.2.2.1. Viscosidade e 'spreading' | 37 |
| 3.2.3. Análises microscópicas | 39 |
| 3.2.3.1. Microscopia ótica | 39 |
| 3.2.4. Análises microbiológicas | 40 |
| 3.2.4.1. Condicionamento simulado | 40 |
| 3.2.4.2. Contagem e identificação dos fungos | 41 |

| | |
|--|----|
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 43 |
| 4.1. Composição química dos cremes de abacate e peixe .. | 43 |
| 4.2. Remoção de água | 45 |
| 4.2.1. Efeito da adição de glicerol | 45 |
| 4.3. Mudanças reológicas durante a secagem | 48 |
| 4.3.1. Viscosidade | 48 |
| 4.3.2. 'Spreading' | 48 |
| 4.3.3. Fenômeno de coalescência | 50 |
| 4.3.4. Cinética de coalescência | 60 |
| 4.4. Estabilidade e vida de prateleira | 62 |
| 4.4.1. Crescimento microbiano | 62 |
| 4.4.2. Incidência de fungos | 66 |
| 4.4.3. Avaliação microbiológica | 71 |
| 5. CONCLUSÕES | 73 |
| 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 75 |
| 7. RESUMO | 76 |
| 8. SUMMARY | 78 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 80 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Representação esquemática das velocidades relativas de reações em função da atividade de água dos alimentos, segundo LABUZA (1980) | 13 |
| 2 | Diagrama esquemático do secador a frio | 35 |
| 3 | Modelo da haste para avaliação do grau de 'spreading' no Reólago Brookfield | 38 |
| 4 | Curvas típicas de remoção de água em cremes de abacate e peixe, submetidas a secagem a frio .. | 46 |

Figura

Página

- 5 Efeito sobre o teor de água com a adição do glicerol ao creme de peixe, obtido após 42 horas de secagem 47
- 6 Variação da viscosidade (A) e "spreading" (B) para os diversos teores de água nas amostras de creme de abacate comparadas com manteira 49
- 7 Variação do diâmetro médio dos glóbulos de gordura em creme de abacate (A) e peixe (B), submetidos a secagem a frio 51
- 8 Fotomicrografias de gotículas de gordura (setas) obtidas durante a secagem a frio de concentrado de abacate. A(89,74%), B(69,83%), C(66,42%), D(63,33%), E(37,20%) e F(8,96%). (Valores em parênteses correspondem ao teor de água da amostra) 53
- 9 Fotomicrografias de gotículas de gordura (setas) obtidas durante a secagem a frio de concentrado de peixe. A(53,14%), B(41,11%), C(37,80%), D(33,30%), E(29,07%) e F(24,09%). (Valores em parêntese correspondem ao teor de água da amostra) 54

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 10 | Variação do número (A) e do diâmetro médio (B) das gotículas de gordura durante o processo de coalescência em creme de abacate | 55 |
| 11 | Variação do número (A) e do diâmetro médio (B) das gotículas de gordura durante o processo de coalescência em creme de peixe | 57 |
| 12 | Variação da frequência dos diâmetros médios das gotículas de gordura em creme de abacate (A) e peixe (B) durante o processo de secagem | 59 |
| 13 | Cinética de coalescência das gotículas de gordura em creme de abacate (A) e peixe (B) durante o processo de secagem | 61 |
| 14 | Crescimento microbiano em cremes e pastas de peixe, obtidas por secagem a frio | 64 |
| 15 | Crescimento microbiano em pastas de peixe obtidas por secagem a frio, condicionadas a temperaturas A (10°C) e B (22°C) e umidades relativas de 43%, 55% e 90% | 65 |

| Figura | Página |
|---|--------|
| 16 Incidência de fungos nas pastas de peixe condicionadas a temperatura de 10°C em umidades relativas A (43%), B (55%) e C (90%) | 67 |
| 17 Incidência de fungos nas pastas de peixe condicionadas a temperatura de 22°C em umidades relativas A (43%), B (55%) e C (90%) | 69 |
| 18 Vida de prateleira de pastas de peixe, condicionadas a temperaturas A (10°C) e B (22°C) e umidades relativas de 43%, 55% e 90% | 72 |

LISTA DE TABELAS

| Tabela | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Composição centesimal média dos cremes de abacate e peixe (g/100 g sólidos) | 44 |
| 2 | Valores de pH das amostras de cremes e pastas de peixe | 63 |
| 3 | Valores de pH nas amostras na forma de pastas após estocadas em diferentes umidades relativas nas temperaturas de 10° e 22°C | 63 |

1. INTRODUÇÃO

Os Alimentos de Umidade Intermediária (AUI) tem sido objeto de diversos estudos por serem considerados por alguns pesquisadores como muito estáveis, apresentando uma vida de prateleira considerável, tendo em vista a significativa redução de sua atividade de água (BROCKMAN, 1970; BONE, 1973; GEE et alii, 1977; FLINK, 1977; LABUZA, 1980; ROCKLAND & NISHI, 1980 e ERICKSON, 1982).

O termo alimento de umidade intermediária, refere-se a alimentos cujos teores de água estão na faixa de 10 a 40% e atividades de água de 0,65 a 0,90, aproximadamente (SLOAN et alii, 1976).

O processo de secagem a frio se refere à secagem conduzida a temperatura variando de 0 a 15°C; à pressão atmosférica (KUBOTA, 1985). Esse processo possibilita a obtenção de produtos com um teor intermediário de umidade e qualidades organolépticas desejáveis como cor, sabor e aroma.

A atividade de água destes alimentos constitui um importante fator de preservação e de acondicionamento. A atividade de água não é tão somente uma função do teor de umidade, mas também da presença ou não de umectantes, substâncias que permitem reter as propriedades plásticas dos produtos no momento do consumo (TAOUKIS et alii, 1988), e mesmo suas características antimicrobianas (SLOAN & LABUZA, 1975).

A atividade de água restringe os tipos de microorganismos capazes de crescer abaixo de certos valores mínimos de atividade. LABUZA et alii (1972b) verificaram o crescimento de bactérias halofílicas (tolerantes ao sal), na faixa de a_w variando entre 0,75 e 0,84. Fungos e leveduras podem crescer em atividades mínimas em torno de 0,61 (TROLLER, 1979). Estes fungos são referidos muitas vezes como sendo xerofílicos (amantes do seco).

Através da secagem a frio, tem-se obtido concentrados de alta consistência a partir de cremes de diversas origens (KUBOTA, 1985 e KUBOTA et alii, 1987). Estes concentrados apresentam características reológicas típicas de emulsões invertidas e de comportamento não-Newtoniano.

O fruto abacate e o pescado de origem vegetal e animal, respectivamente, apresentam elevados teores de gordura que possibilitam a obtenção de cremes com características reológicas típicas de emulsões. A estabilidade destas emulsões é afetada por mudanças físicas irreversíveis como a coalescência, um processo termodinâmico espontâneo que consiste na união de pequenas gotas

para formar gotas maiores. A coalescência é um processo indesejável em emulsões, mas em alguns produtos ou processos ela é desejável, como na fabricação de manteiga. No processo de secagem a frio é desejável a existência de coalescência, para que ocorra a inversão nestas emulsões e a possibilidade de utilização destes concentrados como pastas alimentícias.

Diante do exposto, são objetivos do presente trabalho:

- 1) A obtenção de concentrados alimentícios de alta estabilidade química e microbiológica, mediante o uso de secagem a frio.
- 2) A análise das variações físicas e físico-químicas durante a secagem que ocorrem nas pastas alimentícias de abacate e peixe.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Secagem a frio

2.1.1. Conceito

Alimentos desidratados são conhecidos há muito tempo e sua popularidade tem sido limitada pela qualidade organoléptica indesejável, causada pela alta temperatura usada na produção dos mesmos. Por esta razão, a liofilização tem sido usada como um método de obtenção de produtos desidratados de alta qualidade, por fazer uso de baixas temperaturas. Entretanto o alto custo do equipamento a vácuo, tem limitado sua aplicação, orientando o interesse de investigação a outros processos que reduzam os custos e resultem em produtos desidratados de qualidade aceitável.

O uso do ar frio, com baixa pressão de vapor, para evaporação da água do alimento, em torno da pressão atmosférica é

denominado liofilização atmosférica (MERYMAN, 1959; LEWIN & MATELES, 1962; WOODWARD, 1963 e HELDMAN & HOHNER, 1974).

O processo de secagem a frio, assim denominado por limitar a temperatura de secagem à faixa de 0 a 15°C, decorre de uma simplificação do processo de liofilização, mediante a eliminação da etapa de congelamento (CAL-VIDAL et alii, 1985 e KUBOTA & CAL-VIDAL, 1987). Entretanto, ocorre a remoção de água no alimento a baixas temperaturas, acima do ponto de congelamento.

2.1.2. Fatores limitantes

Estudos do potencial da liofilização atmosférica por LEWIN & MATELES (1962); WOODWARD (1963) e BOEH-OCANSEI (1984) comprovaram a possibilidade de se realizar o processo de liofilização a pressão atmosférica. WOODWARD (1963) verificou o custo energético do processo de liofilização atmosférica para remoção de água, obtendo resultados equivalentes ao da liofilização a vácuo. Um dos fatores limitantes deste processo é a umidade relativa do ar (LEWIN & MATELES, 1962 e KUBOTA & CAL-VIDAL, 1987). A capacidade de retenção de umidade do ar frio é bastante limitada quando comparada com a do ar quente. Entretanto, quando este ar frio é desumidificado adquire a habilidade de absorver umidade (HALLOWELL, 1980). JONES & KING (1977) e KUBOTA & CAL-VIDAL (1987) fizeram uso de substâncias dessecantes para manter baixos níveis de pressão parcial do vapor de água na câmara de secagem.

Um outro fator crítico no processo de liofilização atmosférica é a temperatura, tendo em vista que a velocidade de remoção de água aumenta com a temperatura (LEWIN & MATELES, 1962; WOODWARD, 1963; HELDMAN & HOHNER, 1974 e KUBOTA & CAL-VIDAL, 1987). A dependência do ar de secagem da temperatura, se deve a dois fatores; o aumento da temperatura do ar que resulta num aumento de temperatura no interior da amostra, provocando um aumento da pressão de vapor saturado na interface vapor-água e o aumento da difusão do vapor (HELDMAN & HOHNER, 1974).

A velocidade de liofilização atmosférica é lenta comparada com a secagem convencional ou com a liofilização propriamente dita. Para melhorar a velocidade de remoção de água, o ar de secagem deve ser completamente desumidificado (LEWIN & MATELES, 1962; WOODWARD, 1963; MALECKI et alii, 1970; HELDMAN & HOHNER, 1974 e JONES & KING, 1977).

MALECKI et alii (1970) verificaram o aumento da velocidade de liofilização atmosférica pela redução do tamanho da partícula, no estudo da liofilização de spray de albumina do ovo e suco de maçã. KUBOTA & CAL-VIDAL (1987) trabalhando com creme de leite constataram o aumento da velocidade de secagem, com a diminuição da espessura da amostra de creme de leite, sendo este efeito mais acentuado em amostras de área superficial maior. HELDMAN & HOHNER (1974) obtiveram aumento da velocidade de secagem no processo de liofilização atmosférica, com a redução do tamanho da partícula e paralelamente à redução, o coeficiente de transferência de massa

pareceu mais efetivo, mas CARN & KING (1977) estabeleceram que para manter uma uniformidade de umidade no produto, a velocidade de secagem deve ser lenta e para tanto fizeram uso de baixos valores de temperatura.

2.1.3. Aplicações e considerações

Com relação a qualidade dos produtos liofilizados à pressão atmosférica, LEWIN & MATELES (1962), MANDARO et alii (1981) e JONES & KING (1977) verificaram que rodela de cenouras mantiveram a cor, odor e o flavor com temperaturas próximas a 0°C. Também WOODWARD (1963) observou que hortaliças e carnes cozidas apresentaram índices satisfatórios de qualidade em temperaturas próximas a 0°C. Os métodos de secagem utilizando baixas temperaturas melhoram as características dos produtos, quanto sua susceptibilidade ao escurecimento enzimático. Como neste método não há ruptura da parede celular, o conteúdo celular é preservado minimizando possíveis alterações decorrentes da atividade enzimática.

Um inconveniente neste processo reside na dificuldade da região central da amostra em atingir níveis de umidade residual suficientemente baixos e uniformes. Para garantir a necessária estabilidade química e microbiológica (MANDARO et alii, 1981 e JONES & KING, 1977).

Além disso, todo alimento de umidade intermediária é de composição química e/ou estrutura física heterogênea. Muitos destes alimentos contém misturas de proteínas, carboidratos e lipídios, cada um com diferentes afinidades pela água. Dependendo destas diferenças, a velocidade de difusão também será diferente no interior do substrato, e a água terá uma distribuição não uniforme no produto (SLADE & LEVINE, 1991).

2.2. Atividade de água (a_w)

A água é um dos principais componentes da maioria dos produtos alimentícios no estado natural e mesmo em produtos desidratados, onde a água ocorre em proporções mais baixas. Por isso, ela tem um papel essencial na estrutura e nas demais características dos produtos de origem vegetal e animal.

A textura de carnes e vegetais depende em grande parte da associação específica entre a água e os demais constituintes e, das proporções em que ocorre, a água exerce diversas funções importantes nas características físicas, químicas e físico-químicas dos alimentos. Tendo em vista a complexidade do material alimentar e o princípio físico-químico que governa a ação da água nos alimentos, o conhecimento é relativamente pequeno e impreciso sobre sua natureza. No entanto, tem sido possível estabelecer relações entre as propriedades da água e a qualidade e estabilidade dos alimentos.

A água num alimento (natural ou modificado), ocorre sob formas diferentes, dependendo da quantidade e do grau de ligações, como pontes de hidrogênio. Quando a água se encontra disponível como solvente de substâncias químicas, as quais podem se difundir e reagir entre si e/ou participar de reações químicas, ela é denominada água livre. A água ligada é aquela que se encontra fortemente unida de tal modo que o estado e a quantidade da água presente no alimento é fundamental nos processos biológicos, químicos e físicos, os quais limitam a estabilidade do mesmo.

A quantificação da maior ou menor disponibilidade da água nos alimentos, é obtida através da medida da atividade de água. Esta atividade depende da composição química, do estado de agregação dos constituintes, do teor de água e da temperatura do sistema.

A atividade de água a um determinado teor de umidade está relacionada com a forma em que a mesma está presente no alimento. A água fortemente ligada possui uma atividade de água compreendida entre 0 e 0,3. Nesta região, as moléculas de água podem estar ligadas a grupos polares de certos compostos, especialmente os grupos NH_3 e COO^- das proteínas e amidos, formando a chamada monocamada, uma fina camada de água recobrando o substrato, que não é utilizável pelos microorganismos.

A água livre é formada por camadas estabilizadas por pontes-de-hidrogênio, que representam a maior parte da água

hidratante de proteínas e sais e cuja pressão do vapor de água obedece a lei de Raoult. Nesta faixa de atividade de água (0,4 a 0,8) e nesta forma, dar-se-á a maior incidência de reações químicas e enzimáticas.

A água livre nos alimentos de umidade intermediária pode exercer diversas funções importantes e nas características físicas e químicas dos mesmos. Ela pode atuar na fase contínua como solvente e meio dispersante, permitindo aos componentes que entrem em contato por convecção e/ou difusão; como reagente, em reações de lipídios e como plastizante, conferindo características mecânicas aos produtos.

SCOTT (1957) propôs o conceito de atividade de água (a_w), por ser mais preciso do que o teor de água, no controle dos vários processos de deterioração. A definição utilizada por SCOTT não foi a definição da atividade termodinâmica, mas mais precisamente o estado físico das pressões de vapores relativas de acordo com a Equação (1).

$$a_w = \frac{P_v \text{ (solução)}}{P_v \text{ (água pura)}} \quad (1)$$

onde:

P_v (solução) = pressão de vapor de água na solução;

P_v (água pura) = pressão de vapor de água pura.

Mas a lei de RAOULT em 1886 estabelece uma relação entre a fração molar de água numa solução ideal e a pressão de vapor existente sobre a superfície da mesma, a uma dada temperatura, conforme a Equação (2) e (3):

$$X_w = \frac{P_v \text{ (solução)}}{P_v \text{ (água pura)}} \quad (2)$$

onde: X_w = fração molar de água.

Combinando as Equações (1) e (2), obtém-se que a atividade de água é igual a fração molar da água:

$$X_w = \frac{n_o}{n_o + n_s} \quad (3)$$

onde:

n_o = número de moles de água;

n_s = número de moles do soluto.

Considerando que a maioria das soluções foge da idealidade, foi introduzido o termo coeficiente de atividade - γ . O coeficiente de atividade é igual a 1, para soluções ideais, podendo variar de acordo com a concentração da solução e/ou sistema e também estrutura e composição (BONE, 1973).

As vantagens da expressão a_w num sistema complexo, de várias fases, é que a fração molar de água não é conhecida e o coeficiente de atividade não é acessível, mas a relação da Equação (1), pode ser facilmente medida. Embora as pressões sejam dependentes da temperatura, a relação delas pode ser considerada normalmente como constante, para pequenos intervalos de temperatura (LONCIN, 1988).

A a_w influencia a estabilidade de alimentos de umidade intermediária estocados. Ênfase tem sido dada às reações enzimáticas, ao crescimento de microorganismos, germinação de

esporos, reações químicas como hidrólises, oxidação e escurecimento não-enzimático (reação de MAILLARD), assim como na destruição térmica de enzimas, microorganismos e esporos (LABUZA 1970, 1980 e ROCKLAND & NISHI, 1980).

A Figura 1 constitui uma representação esquemática das velocidades relativas das transformações em função da a_w dos alimentos.

2.3. Alimentos de Umidade Intermediária

A conservação dos alimentos baseia-se em métodos químicos, físicos ou combinados. Dentre os métodos de conservação, a redução do teor de umidade tem demonstrado como uma alternativa eficiente e econômica.

A relação da atividade de água (a_w) com a estabilidade do alimento foi estudada por LABUZA (1972) e vários outros. A partir destes estudos, desenvolveu-se o conceito de Alimentos de Umidade Intermediária (AUI), assim chamados por terem um teor de umidade maior que os alimentos desidratados e podem ser consumidos sem prévia reidratação. Entretanto, não existe uma definição precisa de AUI com base na a_w ou no teor de umidade.

SLOAN et alii (1976) define AUI como alimentos de a_w variando de 0,65 a 0,90 e o teor de umidade de 10 a 40%. Estes alimentos possuem textura branda, entre outras características, tais como: estabilidade microbiológica pela reduzida a_w (HAAS et

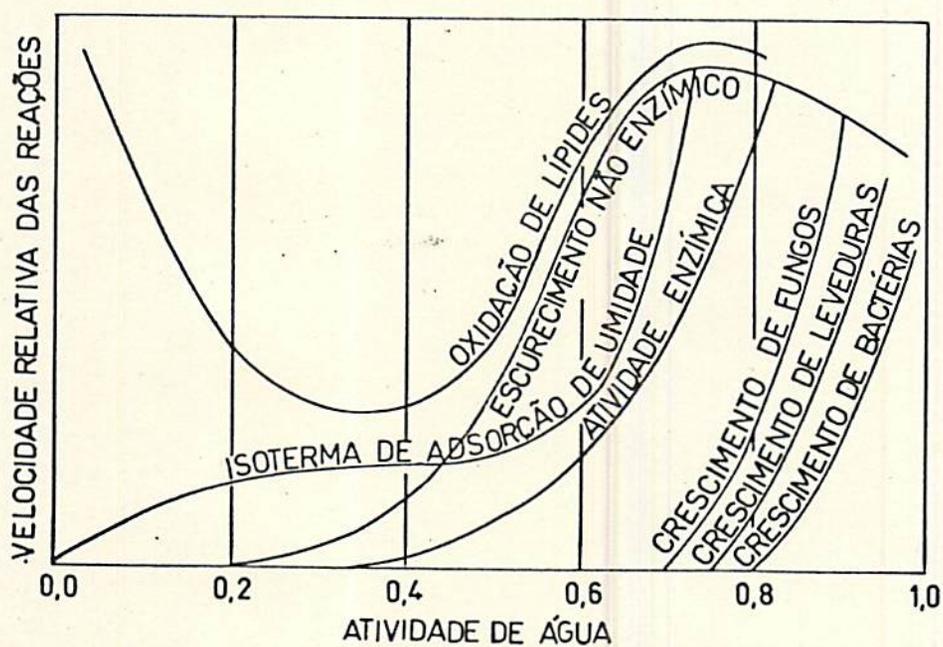


FIGURA 1. Representação esquemática das velocidades relativas de reações em função da atividade de água dos alimentos, segundo LABUZA (1980).

alii, 1975); estocagem estável sem condições especiais e diminuição do volume, através da redução de peso. Outra definição proposta pelo Comitê Francês de Alimentos de Umidade Intermediária é a seguinte: "Alimentos de textura macia, que sofreram um ou mais tratamentos tecnológicos, os quais são consumidos sem preparação prévia e com uma estabilidade de vários meses, conseguida sem o uso de esterelização térmica, congelamento ou refrigeração, mediante o ajuste adequado de sua formulação, composição, pH, aditivos, e principalmente, com a atividade de água, que deve ser aproximadamente 0,60 a 0,84 (medida a 25°C)".

O interesse pelos alimentos de umidade intermediária tem ressurgido ultimamente ao compreender melhor certos princípios biológicos e físico-químicos que envolvem o mecanismo de redução da atividade de água. Esta é uma propriedade termodinâmica de importância crítica na estabilidade do alimento.

A atividade de água fornece uma indicação segura do teor de água livre, sendo esta a forma de água passível de utilização por parte dos microorganismos LEITÃO (1987), e por reações físico-químicas, como oxidação de lípidios HEIDELBAUGH & KAREL (1970) e escurecimento não enzimático (BURVALL et alii, 1978).

Um certo número de alimentos de umidade intermediária tem sido desenvolvido por (BROCKMAN, 1970; HEIDELBAUGH & KAREL, 1975; KAPLOW, 1970; SLOAN & LABUZA, 1975; CARVALLO & SCHAFFELD, 1983; GOMES & AGUILERA, 1986 e LEVI et alii, 1985). A ciência e

tecnologia divide em dois tipos os métodos de desenvolvimento de novos produtos de umidade intermediária, baseados na redução do teor de umidade e na atividade de água, para manter a estabilidade do produto. A textura, sabor e aparência do produto devem ser considerados no desenvolvimento do novo alimento.

CARVALLO & SCHAFFELD (1983) desenvolveram uma formulação de pasta de abacate, visando manter a estabilidade, e verificaram através de estudos químicos e sensoriais ser altamente aceitável após 55 dias armazenados. Baseados na redução do teor de umidade e atividade de água. LEVI et alii (1985) desenvolveram um AUI de mamão e observaram que o produto reteve as características de qualidade, tais como: vitamina C, cor e flavor.

2.3.1. Umectantes

São considerados umectantes certos compostos químicos e higroscópicos que tem a possibilidade de, quando colocados em solução, desviar a lei de Raoult ao ligar-se a água da solução, diminuindo a a_w do sistema, deixando-a não disponível para reações químicas e biológicas.

O soluto também aumenta a viscosidade da fase líquida, diminuindo a velocidade de difusão dos reagentes (LABUZA, 1968). Os umectantes tornaram-se particularmente importantes no desenvolvimento de alimentos de umidade intermediária, comercialmente aceitáveis para consumo humano, os quais devem ser

eficientes, seguros e apresentar boa palatabilidade em baixas pressões de vapor. A prática de salgar a carne para conservação é um exemplo comum do uso destes solutos para reduzir a a_w e prolongar a vida de prateleira.

Em geral, os solutos mais utilizados pertencem aos grupos de sais (cloreto de sódio e potássio), açúcares (sacarose e frutose), e os poliois (sorbitol, glicerol e propileno glicol), sendo que este último grupo oferece melhores características aos alimentos de umidade intermediária (SLOAN & LABUZA, 1975 e CHIRIFE & FONTAN, 1982). Estes umectantes diferem entre si na (1) habilidade de reduzir a a_w , (2) segurança, (3) custo, (4) valor nutritivo, (5) reatividade química, (6) incorporação e (7) flavor. A última característica é a mais importante na aceitabilidade do produto pelo consumidor. Entre os poliois, de sabor ligeiramente adocicado, o glicerol é o mais utilizado pois apresenta melhores resultados em testes sensoriais (POTTER, 1970).

KARMAS & CHEN (1975) estudaram a correlação entre a água ligada e a atividade de água, em sistemas com diferentes concentrações 5-25% (p/p) de glicerol. Os autores verificaram uma significativa diminuição da pressão de vapor na solução, e portanto, da atividade de água. Entretanto não foi significativa a diferença de energia das pontes de hidrogênio das moléculas de água com a energia das ligações das moléculas de água e glicerol.

CARDELLO et alii (1984) e KAPSALIS et alii (1985) observaram em estudos de análise sensorial que ambos sacarose e glicerol nas concentrações 1,25-20% foram predominantemente doces, embora o glicerol possuísse ligeiro gosto amargo não significativo em baixas concentrações, o que o torna ligeiramente desagradável, mas nas concentrações de 10 e 20% (p/p) ocorreu um aumento da aceitabilidade.

Outra possibilidade de diminuição da atividade de água é através da hidrólise de compostos. No caso específico do leite, em que a lactose pode ser hidrolizada pela enzima (β -galactosidase), produzindo pela quebra, glicose e galactose, as quais aumentam a molaridade do sistema e também pelo fato da galactose ser mais solúvel do que a lactose (RICHMOND et alii, 1981 e CHIU & KOSIKOWSKI, 1985).

LEIRAS et alii (1990) verificaram que a galactose e manose mostram o efeito de diminuição da a_w semelhante a glucose, frutose e lactose.

2.4. Atividade da água e a estabilidade dos alimentos

2.4.1. Atividade de água, crescimento e germinação microbianos

Uma das alterações nos alimentos e que levam a deterioração durante o armazenamento é o crescimento de microorganismos. Ele

se caracteriza por ter uma evolução imediata e rápida. Seus efeitos não se detectam necessariamente de forma evidente, porém, seu risco é grande, já que podem aparecer substâncias indesejáveis ou tóxicas. Os alimentos de umidade intermediária, tem merecido atenção por pesquisadores, devido à sua estabilidade microbiológica em condições ambientais de estocagem (BONE, 1973; HAAS et alii, 1975 e JUVEN et alii, 1984). Como o teor de umidade ou atividade de água destes alimentos é diminuída, a quantidade de água disponível é reduzida, o crescimento microbiano é retardado (SCOTT, 1957).

Geralmente leveduras e fungos são capazes de crescer melhor em ambientes com baixas a_w do que as bactérias. O fungo xerofílico, comumente encontrado em produtos de carnes e peixe, é o *Wallemia sebi*, suporta a_w de 0,65 (BEUCHAT, 1981).

A umidade do produto é necessária devido a palatabilidade, mas a a_w deve ser menor que 0,83, o mínimo suportado por bactérias patogênicas, especialmente a *Staphylococcus aureus* que pode crescer na faixa de atividade de água 0.83-0.84 e que produz toxina em valores acima de 0,86 (revisado por TROLLER, 1986 e TROLLER & STINSON, 1975). O *S. aureus* cresce melhor próximo de pH neutro mas é efetivo na combinação de pH de 5,2 - 5,6 e a_w entre 0,86 - 0,90. Geralmente a retenção da viabilidade de células microbianas durante a estocagem de alimentos secos ($a_w < 0.60$) é muito afetada pela temperatura (BOYLAN et alii, 1976 e BEUCHAT, 1981).

Estudos do comportamento do *S. aureus* a 30°C, com a_w ajustada por polietileno glicol - 200 (PM) e polietileno glicol - 400 (PM), mostraram que não houve crescimento em nenhum dos polietilenos glicóis, com a_w menor de 0,93 (VAAMONDE et alii, 1984).

PLITMAN et alii (1973) verificaram que o poliol glicerol 32% (p/p), inibiu o crescimento do *S. aureus*, em carne de porco e galinha de teor de umidade intermediária, de a_w igual a 0,88 na amostra de absorção e 0.865 na de dessorção.

LABUZA et alii (1972) estudaram as diferenças existentes no crescimento microbiano de alimentos de umidade intermediária preparados por absorção e dessorção. Os microorganismos testados foram o fungo *Aspergillus niger*, a levedura *Candida utilis*, a bactéria gram negativa *Pseudomonas fragi* e a bactéria patogênica, *S. aureus*. Com relação ao sistema de dessorção as atividades de água mínimas citadas na literatura podem ser usadas como índices para determinar a estabilidade de alimentos de umidade intermediária.

Entretanto, a resistência ao crescimento microbiano depende de outros fatores tais como, (1) tipo de flora predominante no alimento, (2) pH, (3) temperatura de estocagem, (4) atmosfera, (5) presença de agentes antimicrobiano e (6) composição do alimento (nutriente). O pH é um fator determinante da flora, mas em pH neutro o crescimento de bactéria é geralmente favorecido (revisado por TROLLER, 1986).

Existe outro gênero de bactéria, *Salmonella*, contaminante de alimentos de origem animal tem um importante papel na epidemiologia de salmonellose humana. Além desta, JUVEN et alii (1984) estudaram *Salmonella montevideo* e *Salmonella heidelberg* em leite desidratado, pó de cacau, ração de aves e farinha de carne e osso nas atividades de água 0,40 - 0,75. Os autores verificaram que a sobrevivência foi maior nas atividades de água entre 0,40 e 0,53 do que a 0,75. Isto evidencia que a sobrevivência de *Salmonella* em alimentos desidratados é marcadamente afetada pela natureza química, formulação e teor de umidade do produto.

O teor de água de alimento de umidade intermediária é necessário devido a palatabilidade, por outro lado, também favorece o crescimento de fungos. Os principais fungos são os xerofílicos, capazes de crescer em a_w abaixo de 0,80, cuja probabilidade da produção de micotoxina parece remota pois não foi encontrada produção de micotoxina em ambientes com a_w menor que 0,83 (TROLLER, 1979).

O valor mínimo de a_w para esporulação de fungos, estudado em poucas espécies, sugere maior a_w para formação de esporos do que para germinação. PITT & CHRISTIAN (1968) no estudo de danos de fungos predominates em ameixa seca e em altas umidades, observaram que *Xeromyces bisporus* esporulou numa atividade de água de 0.66. Ele provoca danos numa enorme variedade de alimentos de alta concentração de açúcar (PITT & HOCKING, 1982) e

provocando perdas econômicas nestes alimentos como frutas secas, licores e produtos de confeitaria. *Xeromyces bisporus* é capaz de crescer em a_w próximas a 0,60 (PITT & HOCKING, 1982). A umidade relativa e outros fatores ambientais afetam a germinação de esporos de fungos a uma dada temperatura e a redução da a_w provoca um decréscimo na velocidade de germinação. Muitos fungos xerofílicos, assim como espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*, têm atividade de água ótima para o crescimento próximo de 1,0 e podem ser quantificados no meio agar acidificado batata - dextrose padrão (PITT, 1989). MOSSEL et alii (1970) observaram que o meio com pH neutro, com adição de clorotetraciclina no controle de bactéria, foi mais efetivo para contagem de fungos do que formulações somente acidificadas, por que o baixo pH muitas vezes tem efeito adverso nas células danificadas ou esporos. A clorotetraciclina é adicionada para inibir aquelas bactérias que podem crescer em atividade de água de 0,95 e pH de 5,6 (HOCKING, 1980).

A presença de nutrientes tende a ampliar a faixa de a_w e a temperatura na qual a germinação de esporos de fungos pode ocorrer, a faixa é maior na temperatura ótima. ACOTT et alii (1976) estudaram a efetividade de vários inibidores microbianos em sistemas de alimentos de umidade intermediária para animais. A eficiência foi medida através dos contaminantes naturais *Aspergillus glaucus* e *Staphylococcus epidermidis* com a inoculação de *Aspergillus niger* como microorganismo competitivo. As

atividades de água dos sistemas foram de 0,85 e 0,88 e os pH de 5,4 e 6,3. Eles encontraram que muito poucos aditivos usados isoladamente ou em combinação podem prevenir o crescimento destes três microorganismos. Dentre os poliois, o propileno glicol de paladar picante foi o mais efetivo (KAPSALIS et alii, 1985).

2.4.2. Efeito da atividade da água e do teor de água na deterioração química dos alimentos

A qualidade dos alimentos de umidade intermediária pode ser alterada segundo as condições de armazenamento como resultado das reações de escurecimento-não-enzimático (reação de Maillard) sendo esta uma das principais reações de deterioração em alimentos de umidade intermediária e secos (LONCIN et alii 1968; LABUZA 1972 e WARMBIER et alii, 1976). A reação de Maillard compreende a reação entre um açúcar redutor e um grupo amino de um aminoácido ou proteína, resultando num visível escurecimento. Esta reação é deteriorativa pelo fato de mudar o valor nutritivo, cor e flavor dos alimentos.

LABUZA (1970) observou que em alimentos de teor de umidade menor que alimentos frescos, as propriedades da água como solvente, incluindo sua habilidade em dissolver sólidos e permitir a difusão de reagentes, também influenciam diretamente na reação. Através destas propriedades, a água influencia a velocidade de deterioração química especialmente na oxidação de

lípidios e no escurecimento não enzimático. Geralmente, a velocidade ou a intensidade de escurecimento-não-enzimático cresce com o aumento do pH e temperatura durante o processamento e estocagem. Também, a velocidade cresce com o aumento do teor de umidade ou atividade de água, alcançando um máximo na faixa de a_w de 0,5 a 0,7. Acima de 0,7, esta velocidade diminui (LABUZA, 1970) devido a fácil difusão e uma provável diluição dos reagentes (LABUZA, 1970).

MIZRAHI et alii (1970) verificaram com o estudo de escurecimento da couve desidratada, que a energia aparente de ativação depende do teor de umidade e que esta dependência é dada pela Equação (4).

$$E_a = C_1 e^{-C_2 m} \quad (4)$$

Onde: E_a - energia de ativação

C_1 e C_2 - constantes

m - teor de umidade

Na Equação (4) verifica-se que a energia de ativação de escurecimento-não-enzimático, cresce à medida que a atividade de água diminui, o que contribui para o retardamento da reação em baixas atividades de água.

WARMBIER et alii (1976) observaram que em sistemas de concentrações crescentes de glicerol, tem-se o aumento da velocidade da reação de escurecimento não-enzimático, e que o máximo de escurecimento se desloca para baixas atividades de água. Isso foi atribuído ao decréscimo da resistência de difusão

do sistema, causado pelo efeito plastificante do glicerol. Entretanto, em atividades de água maiores, o efeito de diluição e inibição da água prevalece diminuindo a velocidade da reação (LABUZA et alii, 1970).

Um outro efeito da atividade de água em reações químicas reside na velocidade de oxidação de lipídios. HEIDELBAUGH & KAREL (1970) encontraram uma dependência da velocidade de oxidação em função do teor de umidade e da atividade de água. A oxidação de lipídios resulta na produção de compostos do tipo carbonil, os quais podem reagir e produzir pigmentos escuros. É bem conhecido que a rancidez em alimentos liofilizados ocorre através da reação entre o lipídio insaturado e o oxigênio, resultando na formação de radicais livres. KAREL (1976) observou a dependência da velocidade de oxidação de batata-chips com a atividade de água e o teor de umidade. SALWIN (1959) e QUAST & KAREL (1972) verificaram que alimentos liofilizados e desidratados, estocados com teor de umidade acima do valor da monocamada oferecem uma máxima resistência a oxidação. LABUZA & CHOHNER (1974) também observaram que em sistemas de alta atividade de água onde a água não está ligada fortemente, o teor de umidade é o controle da velocidade de oxidação. O mecanismo pelo qual a água exerce este efeito e proteção inclui: (a) nas superfícies dos alimentos, a água se liga fazendo pontes de hidrogênio com os hidroperóxidos produzidos durante as reações de radicais livres; (b) as moléculas de água hidratam traços de metais catalizadores, os

quais aceleram a etapa de iniciação; (c) as moléculas de água podem reagir com os traços de metais e produzir hidróxidos de metais e (d) a presença da água pode também influir diretamente na produção de radicais livres durante a oxidação.

LABUZA et alii (1970) e LABUZA & CHOHNER (1974) estudaram o processo de oxidação em sistemas com teores intermediários de umidade e encontraram um aumento da mobilidade e solubilidade dos traços de metais, os quais se moveram mais rápido em direção aos sítios oxidativos e o efeito antioxidante da água foi então sobreposto. Além do teor de umidade e da atividade de água, a velocidade de oxidação de lipídios é uma função da susceptibilidade da oxidação dos lipídios, e do grau de insaturação, temperatura, disponibilidade de oxigênio, catálise, antioxidante e luz ultravioleta.

2.5. O conceito de emulsão

Os sistemas alimentares podem ser divididos em duas categorias: tecido intacto comestível e dispersões.

A dispersão consiste de uma ou mais fases dispersas em uma fase contínua. Segundo SHERMAN (1979), emulsão é uma dispersão formada basicamente de dois líquidos imiscíveis, geralmente óleo e água, em que um deles é disperso em forma de gotículas de tamanho microscópico ou submicroscópico no outro (a fase contínua). Um terceiro componente, o emulsificante ou uma

combinação de emulsificantes, pode ser adsorvido na superfície dos glóbulos durante o processo de emulsificação de forma a estabelecer uma camada protetora.

2.5.1. Emulsões alimentares

Nas emulsões alimentares as propriedades funcionais incluem a capacidade emulsificante, a estabilidade da emulsão, a capacidade para reter água, a gelatinização e a coesão de partículas. Estas propriedades funcionais são interrelacionadas e podem ser determinadas pela quantidade, composição, conformação, e propriedades físicas das proteínas presentes no alimento. SMITH et alii (1973) publicaram resultados sobre uma emulsão de carne contendo teor de gordura maior do que 30% e que mostrou a habilidade de formar emulsões estáveis e muito sensíveis a baixos pH. MCWATTERS et alii (1977) também observaram a sensibilidade ao pH em sistemas contendo proteínas.

Várias mudanças físicas nos glóbulos dispersos afetam a estabilidade de emulsões, como o movimento das gotículas de gordura sob a ação da gravidade (formação de creme), o processo de aglomeração das gotículas (floculação), e a união espontânea de pequenas gotas as maiores (coalescência). A formação de creme e floculação ocorrerá certamente em emulsões mas são toleráveis até certos níveis, quando ambos são reversíveis. O processo de coalescência que é a associação dos glóbulos de gordura é

geralmente inaceitável em todos os níveis (DICKINSON & STAINSBY, 1987).

2.5.2. Floculação e coalescência

A floculação e a coalescência, que juntas configuram o processo de agregação, exercem um grande efeito sobre as características reológicas (SHERMAN, 1979). Segundo a teoria de Smoluchowski a floculação se processa numa dada emulsão, quando as gotículas nela presentes tendem a se mover de uma direção a outra com velocidades dependentes de vários fatores tais como: volume da fase dispersa, viscosidade da fase contínua e temperatura.

A formação de creme e a floculação podem ser invertidas através da mistura ou agitação, em virtude de serem mantidas por forças intergotículas fracas (força de Van der Waals). O processo de coalescência resulta da união irreversível de pequenas gotas para formar gotículas maiores e pode ocorrer após a floculação se o filme interfacial do emulsificante se rompe. A coalescência é um processo termodinâmico espontâneo que leva à separação as duas fases. A velocidade de coalescência é dependente da resistência do filme emulsificante interfacial ao cisalhamento e ruptura. Aquela pode aumentar durante a agitação e congelamento da emulsão. O sistema de agregados resultantes da coalescência das gotas faz com que a viscosidade diminua

independentemente da velocidade de cisalhamento em que a mesma é determinada.

2.5.3. Atividade de água numa emulsão

A água pode ter um efeito significativo nas propriedades mecânicas e texturométricas de alimentos. Estudos neste sentido foram desenvolvidos por (NURY et alii 1964; KATZ & LABUZA, 1981; BOURNE, 1986; HALEK et alii, 1988 e SAUVAGEOT & BLOND, 1991).

O tamanho dos glóbulos de gordura da fase dispersa e a natureza do filme interfacial influenciam a estabilidade da emulsão óleo-em-água (TUNG & JONES, 1981). O comportamento de uma emulsão em função do tamanho dos glóbulos de gordura, foi citado por BONE (1973), através da Equação de Kelvin (5),

$$\ln P/P_0 = (2 G M)/(d RT r) \quad (5)$$

onde:

P = pressão parcial da água no alimento;

P₀ = pressão parcial da água pura;

G = tensão superficial da água;

M = peso molecular da água;

d = densidade da água;

RT = constante dos gases × °K;

r = raio de curvatura.

Na Equação observa-se o efeito do tamanho dos glóbulos de gordura numa emulsão, tendo em vista a redução da atividade de água com o aumento das gotículas de gordura podendo conduzir a preservação de sistemas de umidade intermediária. KUBOTA (1985) verificou mudanças na viscosidade com a remoção de água em creme de leite, durante a secagem a frio.

2.5.4. Comportamento reológico de emulsões alimentícias

O estudo do comportamento reológico de emulsões alimentícias óleo-em-água, correlacionando análise sensorial e "spreading" foi realizado por KOKINE & DICKIE (1982), os quais mostraram que o grau de "spreading" de alimentos semi-sólidos, analisados com a aplicação da força de cisalhamento, pode ser correlacionado às características texturométricas. LUCISAN et alii (1989) correlacionaram dados obtidos pela análise instrumental de dureza e "spreading", utilizando misturas de diferentes concentrações de água-betonita. O método instrumental foi correlacionado com o "score" de dureza, mas o "spreading" não obteve correlação significativa na ampla faixa de variação de consistência.

Um emulsificante bastante utilizado na indústria alimentícia é a gema de ovo. A lecitina presente nesta diminui a tensão do filme interfacial óleo-água. Outro método de redução do processo de coalescência, consiste no aumento da viscosidade da fase contínua (KAREL, 1973). Isto pode ser feito através da adição de

polissacarídios, gomas hidrocolóides (carragema, guar) e também com a utilização de poliol, como propileno glicol.

VERMON & SHERMAN (1980) verificaram mudanças nas propriedades reológicas, numa emulsão óleo-em-água. A velocidade de coalescência dos glóbulos de gordura e a habilidade das camadas adjacentes aos glóbulos se interpenetrarem e formarem camadas maiores, conduzindo a formação de aglomerados. PAREDES et alii (1989) verificaram a estabilidade de molhos de saladas a temperaturas entre 1,7 e 29°C. Eles atribuíram as mudanças reológicas à coalescência dos glóbulos de gordura e à hidratação do alimento.

2.6. Vida de prateleira

O estudo do comportamento de alimentos, em relação a mudanças biológicas e físico-químicas, sob diferentes condições de armazenamento e acondicionamento, tem o objetivo de encontrar as melhores condições de armazenamento para o produto, com vistas a determinar os fatores necessários à sua proteção e estabilidade aceitáveis para a sua comercialização.

O termo estabilidade ou vida de prateleira em alimentos, definidos pelo "Institute of Food Technologists - IFT", consiste no período de tempo decorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentício, durante o qual este se caracteriza pelo nível satisfatório de qualidade, avaliado pelo seu valor

nutritivo, sabor, textura e aparência (SHELF LIFE OF FOODS, 1974). A vida de prateleira é controlada pela interação dos componentes do sistema, o processo utilizado; a permeabilidade da embalagem a luz, umidade e aos gases; e a distribuição tempo-temperatura-umidade relativa durante o transporte e o armazenamento.

A estabilidade de alimentos, segundo QUAST (1968) e HEIDELBAUGH & GOLDBLITH (1975), depende principalmente de dois fatores - temperatura e umidade. Tais fatores influenciam na intensidade de outros fatores tais: como escurecimento não-enzimático (KARMAS et alii, 1992); oxidação de lipídios (SIMATOS & KAREL, 1988 e ROOS & KAREL, 1991) e crescimento microbiano (BEUCHAT & HEATON, 1980). Especificamente em alimentos de umidade intermediária que possuem teor de água acima do valor da monocamada, água livre, que aumenta a mobilidade molecular com o aumento da temperatura, o qual tende a provocar um aumento da velocidade de reações deteriorativas, resultando numa diminuição da vida de prateleira do alimento (LABUZA, 1980).

O crescimento de fungos em alimentos estocados é afetado principalmente por dois fatores, teor de umidade e temperatura. BEUCHAT & HEATON (1980) observaram a ocorrência de contaminantes naturais (fungos), em nozes embaladas e estocadas com papel Kraft e sacos de polietileno, na faixa de temperatura de -18 a 0°C. Os resultados mostraram que nozes com umidade interna e superficial baixa suportam provavelmente melhor crescimento de fungos do que

em nozes de alta umidade interna e superficial. A temperatura de 0°C foi a de melhor crescimento dos fungos, principalmente *Penicillium*, sendo que outras espécies como *Aspergillus* e *Fusarium* também foram notadas. Alimentos alterados por fungos ocorrem com mais frequência do que por bactérias na faixa de atividade de água 0,61 a 0,85; não por que crescem mais em reduzidas atividades de água, mas devido à ausência do efeito competitivo das bactérias (BEUCHAT, 1983).

AYERST (1969) estudou o efeito da temperatura e umidade relativa no crescimento de fungos entre espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* sem encontrar uma maior tolerância em baixas umidades relativas, na temperatura ótima e atividade de água ótima, confirmando a importância do efeito da temperatura para predizer as condições limitantes de crescimento destes fungos em alimentos estocados.



3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Materiais

3.1.1. Matéria prima

Para realização desta pesquisa, foram utilizados cremes e pastas de abacate (*Persea americana*) variedade Collinson e peixe manjuba (*Eugraulis ssp.*), ambos procedentes de fontes comerciais.

3.1.1.1. Preparação dos cremes

As amostras de abacate foram descaroçadas e retiradas as cascas. Em seguida foi adicionado ao abacate 0,2% (p/p) de ácido ascórbico (CARVALHO & SCHAFFELD, 1983).

As amostras de peixe foram inicialmente submetidas a um tratamento térmico, em sistema aberto, por cinco minutos, após fervura. Em seguida foi acrescentado o umectante glicerol nas

porcentagens de 5, 10, 15 e 20% (P/P), para fornecer uma maior redução da atividade de água.

A obtenção dos cremes de abacate e peixe, deu-se a partir da trituração num multiprocessador (Braun, Alemanha), durante um e dois minutos, respectivamente.

3.1.1.2. Secagem a frio

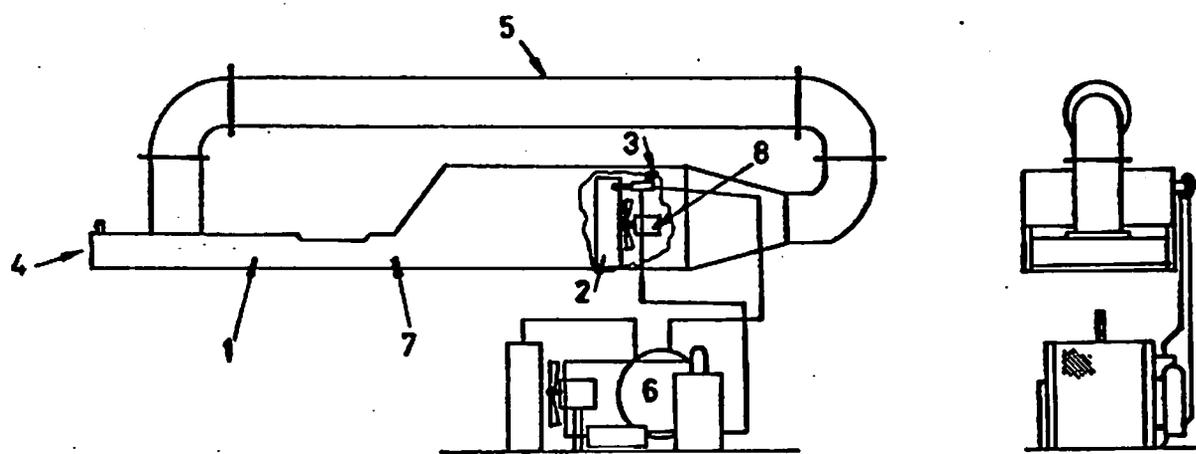
Os cremes de abacate e peixe foram colocados em placas de Petri 9,0 x 1,5 cm, sendo que a espessura dos cremes nas placas foi de 1,0 cm. Em seguida foram submetidas a secagem a frio, num criosecador (Figura 2). A secagem foi realizada durante um período de 42 horas, seguindo as condições propostas por KUBOTA (1985): temperatura de operação $10 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de 20% e a velocidade do ar de secagem de 27 cm/s no túnel de secagem.

3.2. Métodos

3.2.1. Análises químicas

3.2.1.1. pH

Foi determinado o pH, em duplicata, através de um potenciômetro Digimed, modelo DMPH-2 (Tecnal, São Paulo, Brasil) segundo a metodologia utilizada pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976).



1-TÚNEL DE SECAGEM
 2-SETOR DE RESFRIAMENTO DO AR
 3-VALVULA DE CONTROLE DE TEMPERATURA
 4-AMOSTRAGENS

5-SISTEMA DE RECICLAGEM DO AR
 6-COMPRESSOR
 7-SETOR DE CONTROLE DE UMIDADE RELATIVA
 8-VENTILADOR

FIGURA 2. Diagrama esquemático do secador a frio

3.2.1.2. Teor de umidade

Os teores de umidade dos cremes e pastas de abacate e peixe, foram determinados em duplicata, pelo método de secagem até peso constante, em estufa ventilada a 60°C, segundo método gravimétrico proposto por AOAC (1990). Durante a secagem, as pesagens foram feitas a cada seis horas, nas doze horas iniciais, e depois a cada dez horas, em balança analítica Micronal, modelo B1600 (Micronal, São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em base úmida.

3.2.2. Análises físicas

3.2.2.1. Atividade de água (a_w)

As atividades de água das pastas de peixe foram determinadas em duplicata, utilizando o sensor de umidade relativa HMP-12u Vaisala (Helsinki, Finlândia), o qual foi acoplado a um recipiente de vidro, mediante vedação de borracha. O indicador de umidade relativa é um higrômetro Vaisala HMI-14 Weather Measure, Sacramento, CA USA). A temperatura utilizada foi a de 22±1°C, após equilíbrio de cinco minutos. O equipamento foi calibrado com cinco soluções padrões diferentes, dentro da faixa de a_w 0,32 - 0,90 (ROCKLAND, 1960).

3.2.2.2. Reologia

3.2.2.2.1. Viscosidade e 'spreading'

A determinação da viscosidade do abacate foi medida no decorrer da secagem por meio do Reolôgo Brookfield LVT-840 (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, MA USA). O registro da viscosidade foi em forma de gráfico através de uma registradora OmniScribe B-500 (Houston Instrument Austin, TX USA). Foi utilizada a haste T-F em forma de T e a velocidade de cisalhamento de 12 rpm. A temperatura de determinação foi $22 \pm 1^\circ\text{C}$. A faixa do registrador é de 0-10 mV e a velocidade de avanço de 10 cm/minuto.

As amostras homogeneizadas foram colocadas em placas de Petri com diâmetro de 5,0 cm e espessura de 1,5 cm em duplicatas. A obtenção da viscosidade em centipoises foram feitas a partir do seguinte cálculo.

$$\text{Viscosidade (n)} = (\text{leitura do gráfico (0-10 mV)} * (\text{variação spindle T-F (12 rpm)})) / 100$$

A determinação do 'spreading' foi feita utilizando-se uma haste em forma de T (Figura 3), semelhante a faca, de modo a simular a resistência ao espalhamento. O procedimento do cálculo para obtenção do 'spreading' foi semelhante ao da viscosidade.

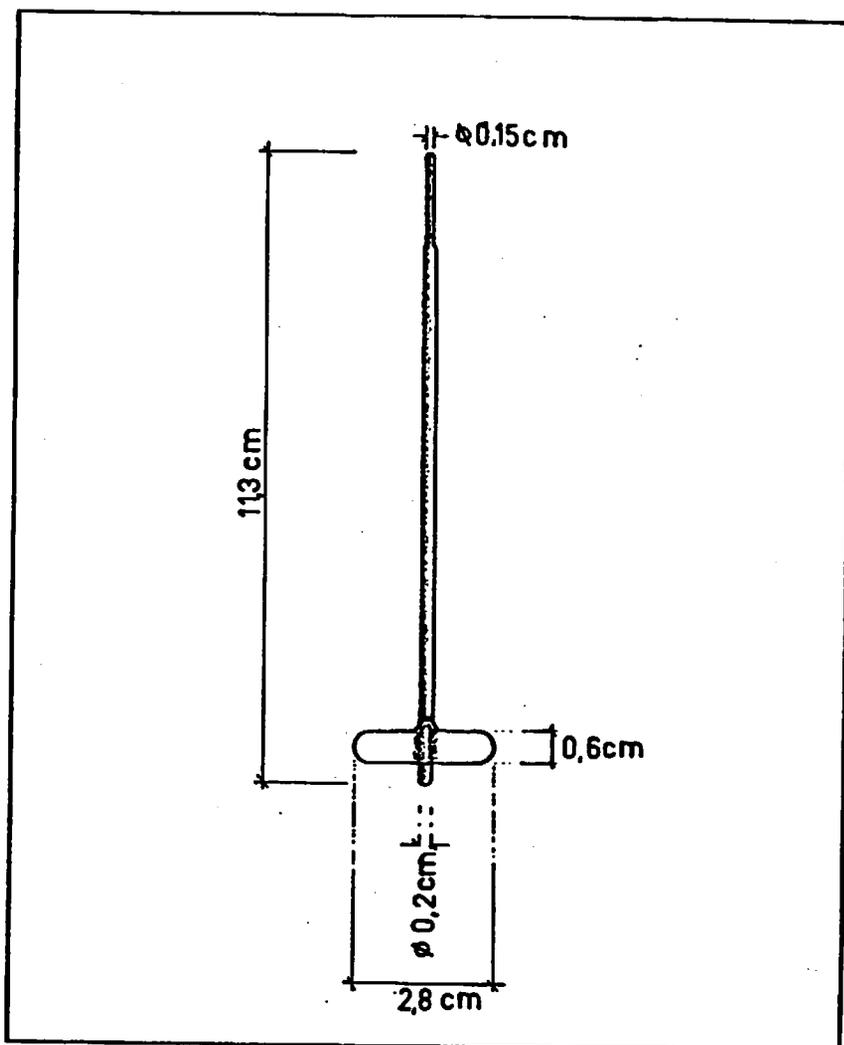


FIGURA 3. Modelo da haste para avaliação do grau de 'spreading' no Reólogo Brookfield.

3.2.3. Análises microscópicas

A amostra de creme de peixe foram secadas e, paralelamente a remoção de água, foi determinado seu teor de umidade e a desestabilização da emulsão, inicialmente óleo-em-água, como resultado do fenômeno de coalescência dos glóbulos de gordura da fase dispersa na fase contínua. As amostras foram retiradas, em duplicatas, a cada 6 horas nas 12 horas iniciais, e a seguir a cada 10 horas. O tempo total de secagem foi de 42 horas.

3.2.3.1. Microscopia ótica

Para a avaliação microscópica utilizou-se o método de TUNG & JONES (1981). Foram retiradas 0,1 g das amostras, em duplicatas, nos tempos especificados no item anterior. Em seguida alíquotas de 0,1 g foram diluídas com 2,5 ml de glicerol, 2,5 ml a 0,1% de sulfato dodecil de sódio (SDS) em solução (para inibir a floculação das gotas), e 1,0 ml de Sudan IV. Após agitação vigorosa foram colocadas duas gotas de cada emulsão sobre a lâmina e realizadas as contagens do número das gotículas de gordura em 9 campos. Paralelamente foram medidos os diâmetros de 280 gotículas de gordura, em 4 lâminas. Para observação fez-se uso do microscópio de campo claro Ergaval (Carl Zeiss, Jena, Ergaval Alemanha), objetiva de 40 X e ocular de 10 X. Os diâmetros foram medidos através da adaptação da ocular OSM 0.5. As

fotomicrografias foram retiradas em microscópio ótico Carl Zeiss Amplival, (Carl Zeiss, Jena Alemanha), objetiva de 40 X, fator de projetiva 3,2 X. A ampliação total obtida foi de 576 X.

3.2.4. Análises microbiológicas

A avaliação da estabilidade microbiológica do peixe foi feita, na forma de cremes (antes), pastas (após secagem), e após o tempo de aparecimento de fungos na superfície no condicionamento simulado. Entretanto o tempo de vida de prateleira estabelecido foi de 60 dias.

3.2.4.1. Condicionamento simulado

Após o processamento, as placas de Petri contendo as amostras de pastas de peixe, foram condicionadas, em duplicatas, nos ambientes simulados. As temperaturas utilizadas foram 10 ± 1 e $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidades relativas de 43, 55 e 90%. Os ambientes de umidades relativas controladas de 43, 55 e 90% foram obtidos no interior dos dessecadores contendo soluções salinas saturadas de Carbonato de Potásio ($\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Nitrato de Magnésio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e Cloreto de Bário ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), respectivamente, segundo (O'BRIEN, 1948 e ROCKLAND, 1960). A variação da atividade de água pode ser desprezada neste intervalo de temperatura (10 a 22°C). Segundo LONCIN (1988), a pressão é

fortemente dependente da temperatura, mas a relação delas pode ser considerada constante para pequenos intervalos de temperatura. As umidades relativas foram aferidas em intervalos de tempo com higrômetro Nach Fuess (R. Fuess Berlin - Steglitz, Alemanha).

3.2.4.2. Contagem e identificação dos fungos

O meio empregado foi o Agar Batata Dextrose (BDA), acidificado para pH 5,6, utilizando solução de ácido tartárico a 10%. Neste pH ocorre maior inibição do crescimento de bactérias e o crescimento de fungos é maior (HOCKING, 1981). Foi também adicionado ao meio solução de clorotetraciclina a 0,1% (Terramicina, Laboratório PFIZER), de modo a obter uma concentração final no meio de 10 $\mu\text{g/ml}$ para inibir o crescimento de bactérias. Foram pesadas 10 g das amostras na balança Mettler, modelo P-120 (Switzerland, Suécia), em duplicatas, as quais foram homogeneizadas por 30 segundos com 90 ml de solução de água petonada a 0,1%, até a diluição própria, e então retirou-se alíquotas de 1,0 ml e misturou-se ao meio BDA nas placas de Petri. As placas foram incubadas na temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$ por 7 dias. A Unidade Formadora de Colônia (UFC), foi dada pela média de contagem em duas placas, de três diluições, e expressadas como UFC/g da amostra.

A identificação foi realizada, após a contagem, observando-se as colônias individualmente em lâminas no estereomicroscópio Nikon modelo SMZ-1 (Nikon Labphot, Tóquio Japão) a um aumento de até 80 X. Sempre que necessários, foram feitas confirmações das identificações dos fungos ao microscópio composto biológico modelo Nikon (Nikon Labophot, Tóquio Japão).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição química dos cremes de abacate e peixe

Os teores médios de água, gordura, proteína e carboidratos, dos cremes sob estudo estão representados na Tabela 1.

O creme de abacate teve teor de água maior que 74,0%, o citado por ADAMS (1975), devido se tratar de valor médio. Observa-se também que este teor de água de 80,62% é praticamente o dobro do teor de água encontrado no creme de peixe de 46,96%.

Verifica-se que os resultados do creme de abacate, de maneira geral, estão de acordo com ADAMS (1975). O creme de peixe apresentou valores de proteína e gordura maiores que os da literatura acima citada de 9,18% e 17,88%, respectivamente.

TABELA 1. Composição centesimal média dos cremes de abacate e peixe (g/100 g sólidos).

| | Umidade | Gordura | Proteína | Carboidrato |
|---------|---------|---------|----------|-------------|
| Abacate | 80,62 | 12,13 | 1,14 | 5,62 |
| Peixe | 46,96 | 38,79 | 11,85 | 0,80 |

4.2. Desidratação

A Figura 4 mostra as curvas típicas de perda de água de cremes de abacate e peixe submetidos a secagem a frio. O tempo de exposição das amostras à condição indicada foi de 42 horas, sendo que a condição de secagem em que o experimento foi conduzido foi proposta por KUBOTA (1985). Deu-se uma remoção de água maior no creme de abacate, com teor de água inicial de 89,54%, do que no creme de peixe com teor de água inicial de 53,14%. Os teores de água finais observados nas amostras de abacate e peixe foram, respectivamente, 8,96% e 24,09%. Por estes resultados, pode-se suspeitar de uma maior possibilidade de remoção de água em produtos de origem vegetal. HELDMAN (1974) e BOEH-OCANSEI (1984) também investigaram estas diferenças na velocidade e grau de secagem, devido possivelmente as diferenças de estrutura apresentadas pelos materiais.

4.2.1. Efeito da adição de glicerol

O efeito da adição de glicerol nos tratamentos do creme de peixe submetidos a secagem a frio é mostrado na Figura 5. Uma redução da remoção de água das amostras com concentração de glicerol até 15% (p/p) foi observada, após 42 horas de secagem. No entanto, verifica-se nesta concentração de 15% uma diferença mínima de redução do teor de água em relação a de 5% de glicerol,

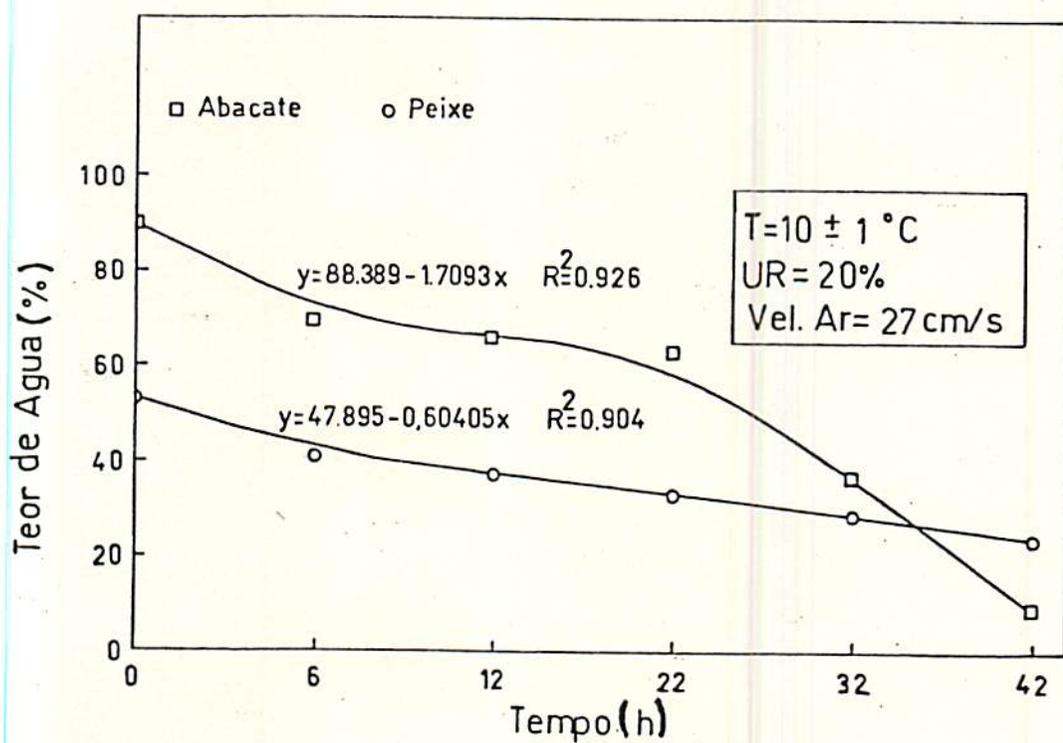


FIGURA 4. Curvas típicas de remoção de água em cremes de abacate e peixe, submetidas a secagem a frio.

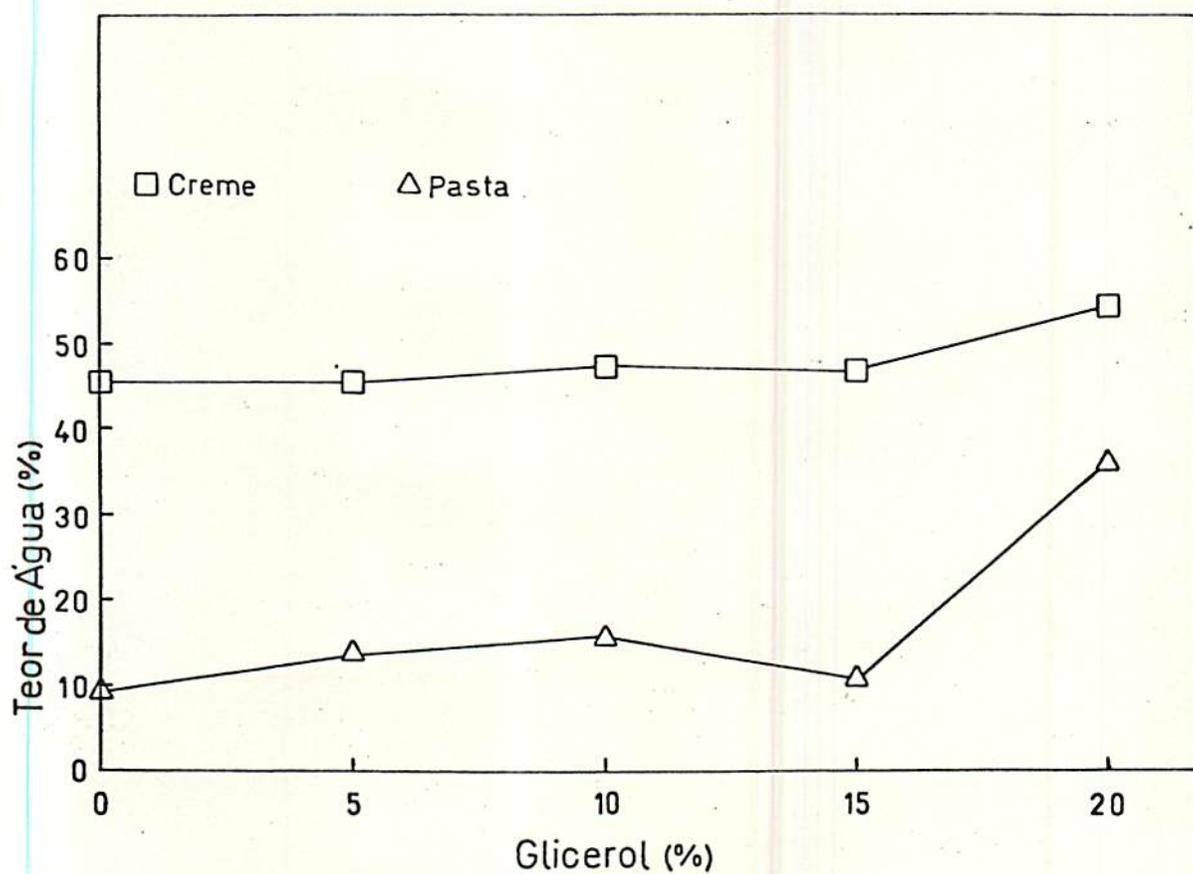


FIGURA 5. Efeito sobre o teor de água com a adição do glicerol ao creme de peixe, obtido após 42 horas de secagem.

limite máximo permitido pela legislação, citada pela (Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação-ABIA, 1990).

4.3. Mudanças reológicas durante a secagem

4.3.1. Viscosidade

As mudanças de viscosidade nas amostras de creme de abacate com diferentes teores de água são mostradas na Figura 6(A). Percebe-se um aumento quase constante da viscosidade com a remoção de água até alcançar um teor de água de 66%. A partir deste valor a viscosidade atingiu valores superiores aos encontrados para a manteiga, quando a pasta de abacate passa a ter teores de água próximos a 63%. Neste teor de água (63%) a pasta de abacate apresenta viscosidade próxima a da manteiga.

4.3.2. 'Spreading'

O grau de 'spreading' observado na Figura 6(B) também aumentou na mesma ordem da viscosidade com o grau de remoção de água. Salvo a pasta com teor de água de 63,33% que apresenta um grau de 'spreading', inicialmente abaixo dos valores observados para a manteiga e no final valores acima dos registrados para a manteiga. O comportamento observado na Figura 6(B) se deve a possíveis rearranjos estruturais que tem lugar no

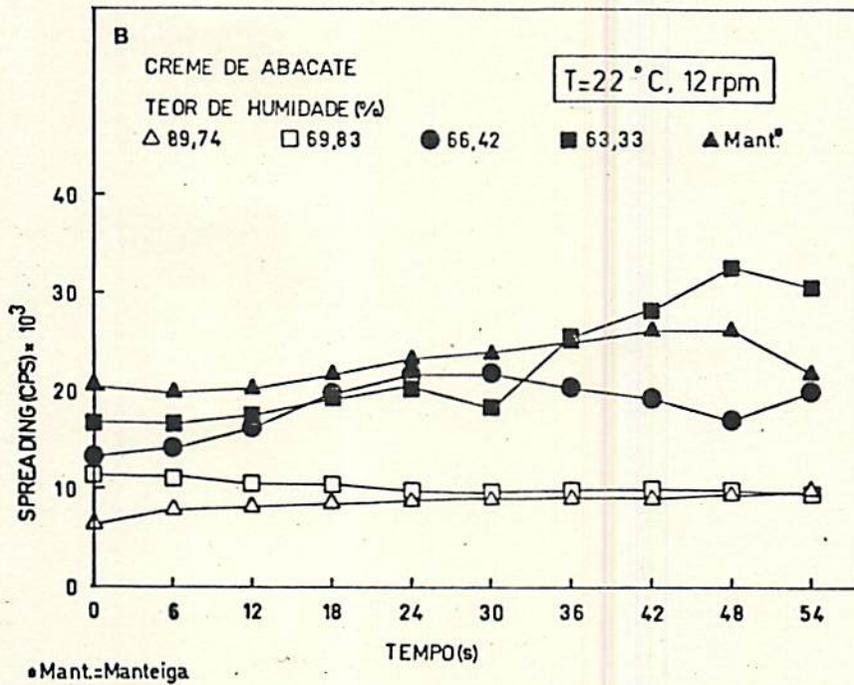
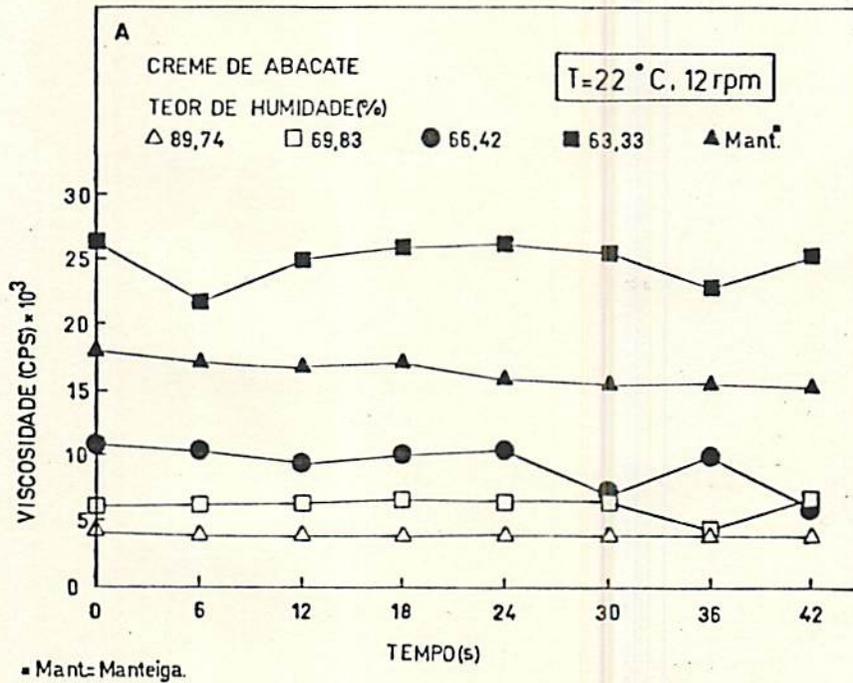


FIGURA 6. Variação da viscosidade (A) e 'spreading' (B) para os diversos teores de água nas amostras de creme de abacate comparadas com manteiga.

produto durante o tempo de medição. A remoção de água do creme de abacate é um fator que concorre para o aumento do grau de 'spreading', além desta, pode ser devido a uma maior tendência para formar aglomerados pelos processos de floculação e coalescência (SHERMAN, 1979).

4.3.3. Fenômeno de coalescência

A variação do diâmetro das gotículas de gordura nas amostras de creme de abacate durante a secagem a frio, num tempo aproximado de 42 horas é mostrada na Figura 7(A). Observa-se uma variação nos diâmetros das gotículas de gordura na faixa entre 5,0 e 25,0 μm .

Na Figura 7(B) mostra-se a variação do diâmetro das gotículas de gordura nas amostras de creme de peixe no decorrer da secagem a frio, num tempo aproximado de 42 horas. Observa-se uma falta de uniformidade nos diâmetros das gotículas de gordura, os quais variam entre 5,0 e 41,0 μm . Gotículas menores do que 5,0 μm , não foram quantificadas em virtude de problemas, tais como: pouca detecção de gotas menores, engano de outras partículas com gotas de gordura, fatos verificados na técnica de medida discutida por WALSTRA et alii (1969).

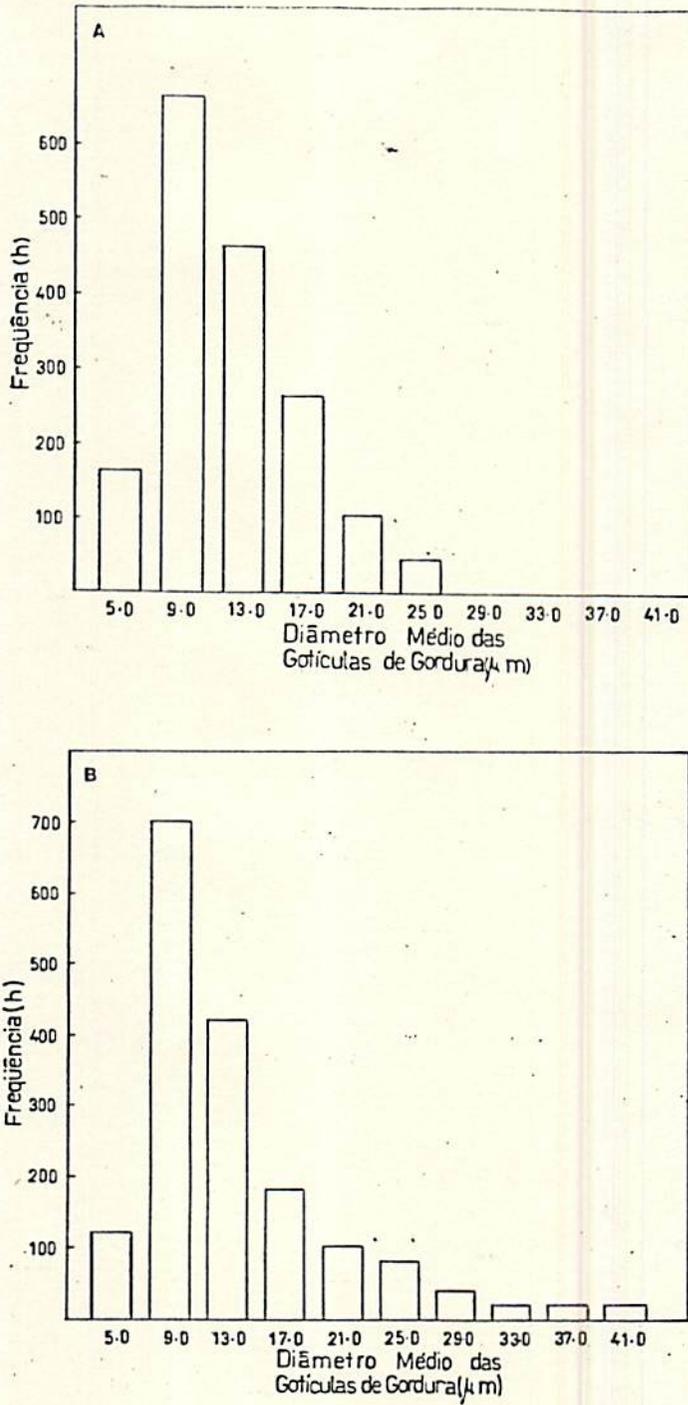


FIGURA 7. Variação do diâmetro médio das gotículas de gordura em creme de abacate (A) e peixe (B), submetido a secagem a frio.

Em geral, observou-se uma maior incidência das gotículas com diâmetro de 9,0 e 13,0 μm no concentrado de abacate e peixe, sugerindo serem estes os diâmetros característicos das gotículas de gordura contidas nos concentrados de abacate e peixe.

Juntamente com a microscopia ótica foram feitas as fotomicrografias do concentrado de abacate e peixe representadas na Figura 8 e 9, respectivamente. Nestas observa-se uma certa desuniformidade na distribuição das gotículas devido a efeitos de diluição nas amostras com alto conteúdo de água. Além disto tem-se as dificuldades de preparação das lâminas de modo uniforme a partir das técnicas disponíveis. Todavia os resultados mostram o surgimento das gotículas maiores nas amostras com menor teor de água, indicando a existência do fenômeno de coalescência no decorrer da secagem.

Resultados do número médio de gotículas de gordura, contidos nos diferentes teores de água durante a secagem a frio, são mostrados na Figura 10(A). Observa-se que no creme de abacate com teor de água de 89,74%, um número médio de gotículas de 112,89/g no creme. Este número aumenta quatro vezes (419,56/g) até o final da secagem, quando o concentrado de abacate atinge 8,96% em seu teor de água. A Figura 10(B) mostra a variação do diâmetro médio das gotículas com o grau de remoção de água. Observa-se o aumento do diâmetro de 11,11 a 13,46 μm durante a secagem nos valores de umidades de 89,74 e 37,20%, respectivamente. Ao atingir 8,96% de umidade o valor do diâmetro cai a 12,55 μm . Este fato sugere que

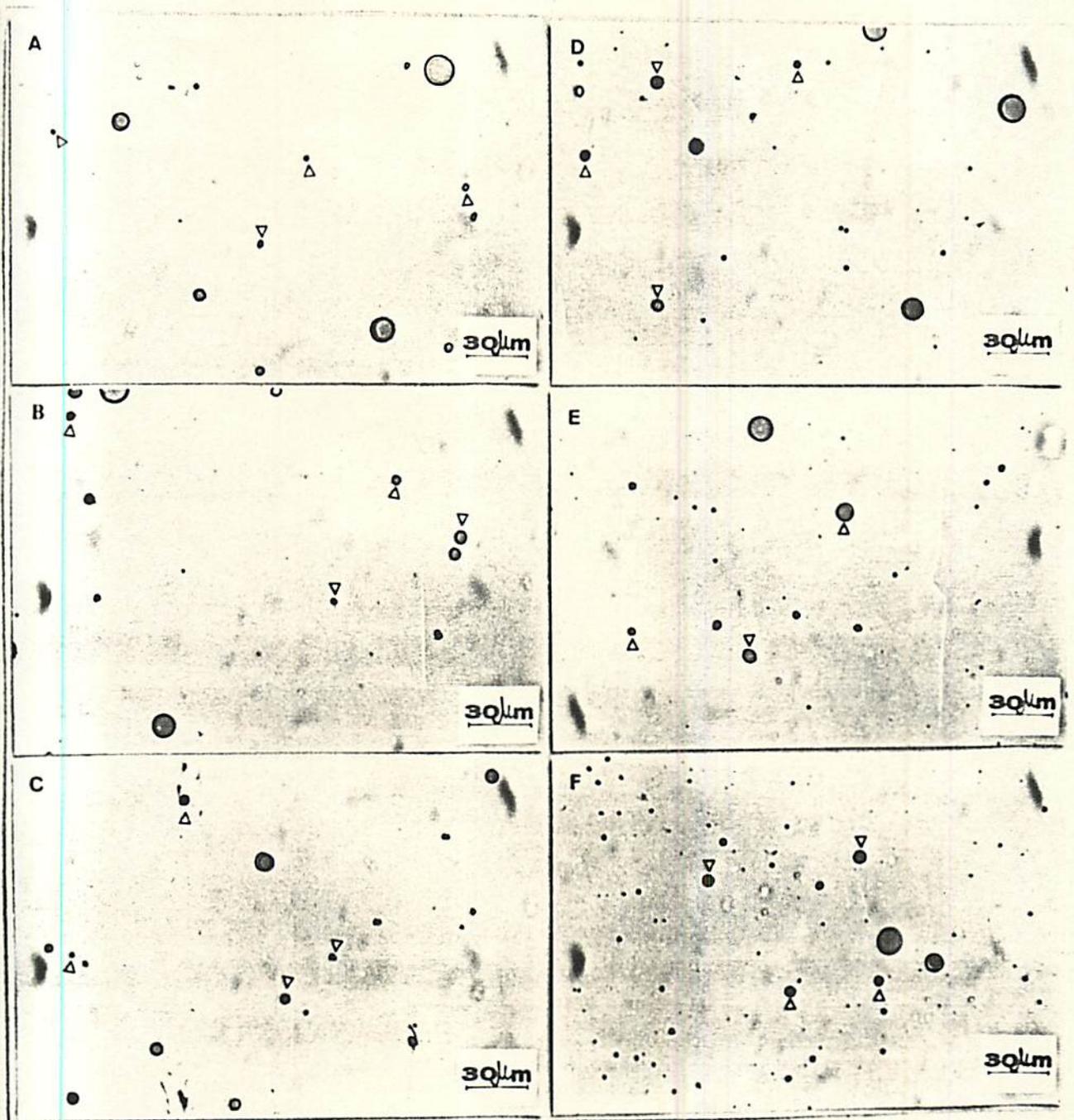


FIGURA 8. Fotomicrografias de gotículas de gordura (setas) obtidas durante a secagem a frio de concentrado de abacate. A(89,74%), B(69,83%), C(66,42%), D(63,33%), E(37,20%) e F(8,96%). (Valores em parêntese correspondem ao teor de água da amostra).

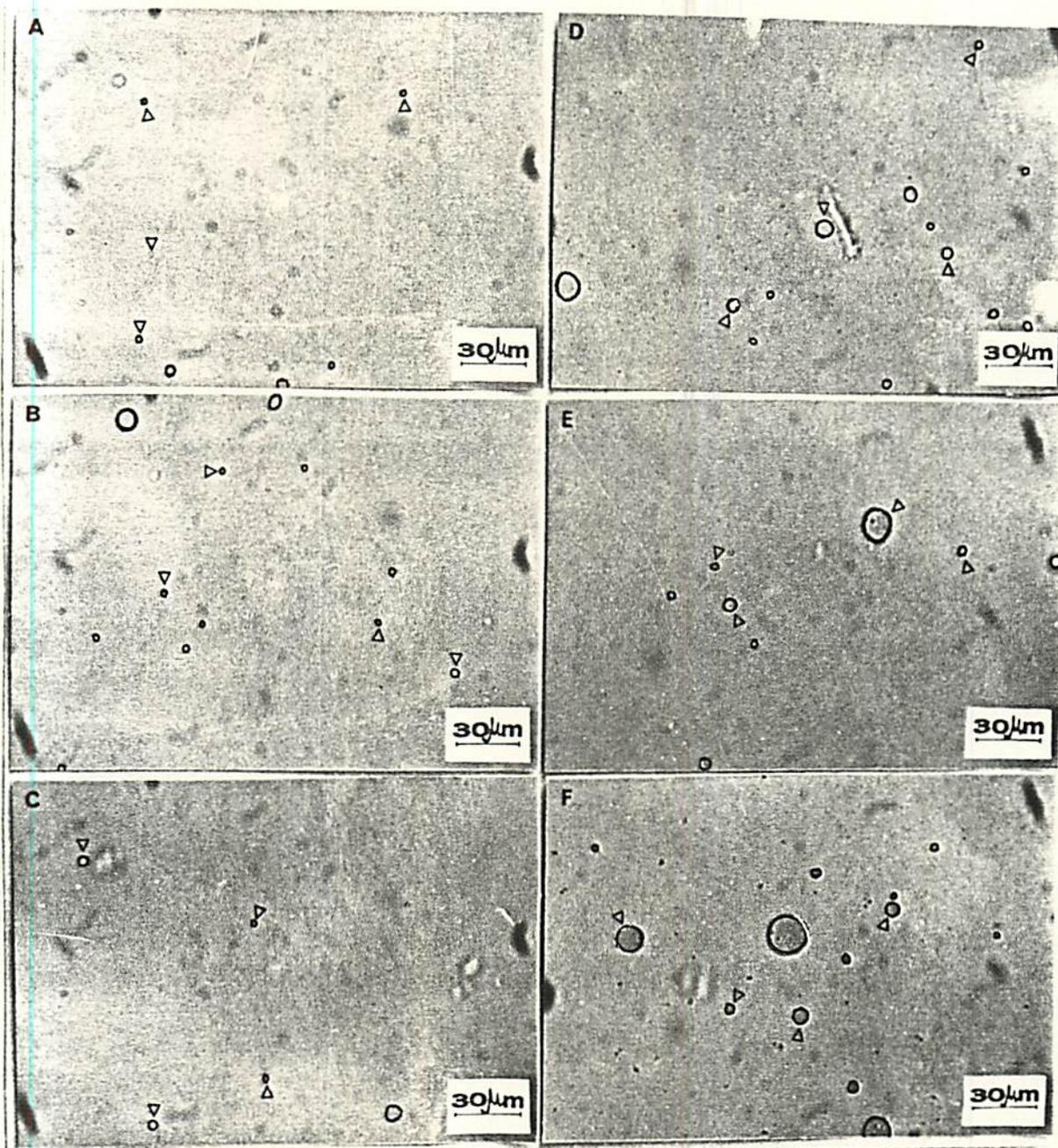


FIGURA 9. Fotomicrografias de gotículas de gordura (setas) obtidas durante a secagem a frio de concentrado de peixe. A(53,14%), B(41,11%), C(37,80%), D(33,30%), E(29,07%) e F(24,09%). (Valores em parêntese correspondem ao teor de água da amostra).

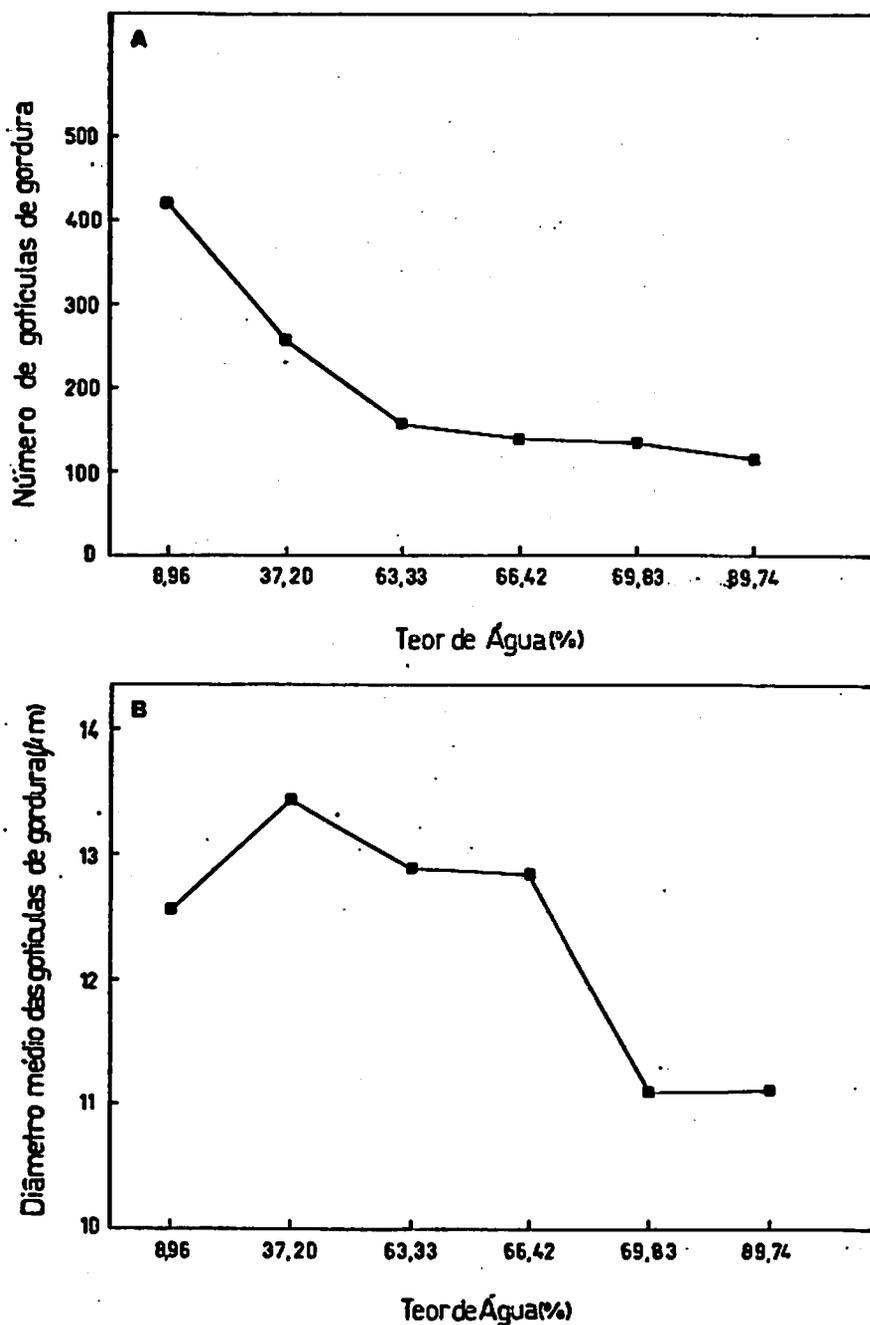


FIGURA 10. Variação do número (A) e do diâmetro médio (B) das gotículas de gordura durante o processo de coalescência em creme de abacate.

juntamente com o aumento do número de gotículas com o grau de remoção de água verificado na Figura 10(A), que o creme de abacate é uma emulsão sem a presença de emulsificante natural. O que também provocou a desestabilização da emulsão ao atingir 8,96%, com a redução do diâmetro médio das gotículas para 12,55 μm . Isto foi devido a provável baixa tensão superficial do filme na interface das gotículas provocando o processo de floculação destas gotículas (SHERMAN, 1979).

A redução do número médio das gotículas de gordura com o decorrer do processo de remoção de água é mostrada na Figura 11(A). Observa-se que no creme de peixe com teor de água de 53,14%, um número médio das gotículas de 296/g. Este número se reduz à metade até o final da secagem, quando o concentrado de peixe atinge 24,09% em seu teor de água. A Figura 11(B) mostra o aumento do diâmetro médio das gotículas com o grau de remoção de água. BONE (1973) relaciona este aumento com a redução da atividade de água do sistema, através da Equação (5) de Kelvin. LONCIN (1988) verificou que o comportamento reológico também é influenciado pela atividade de água própria do produto. As mudanças observadas se devem ao fenômeno de coalescência que consiste na união e incorporação espontânea das gotículas a medida que se remove a água do sistema.

A variação da frequência dos diâmetros médios das gotículas de gordura nos cremes de abacate e peixe, durante a secagem é mostrada na Figura 12. A Figura 12(A) mostra que

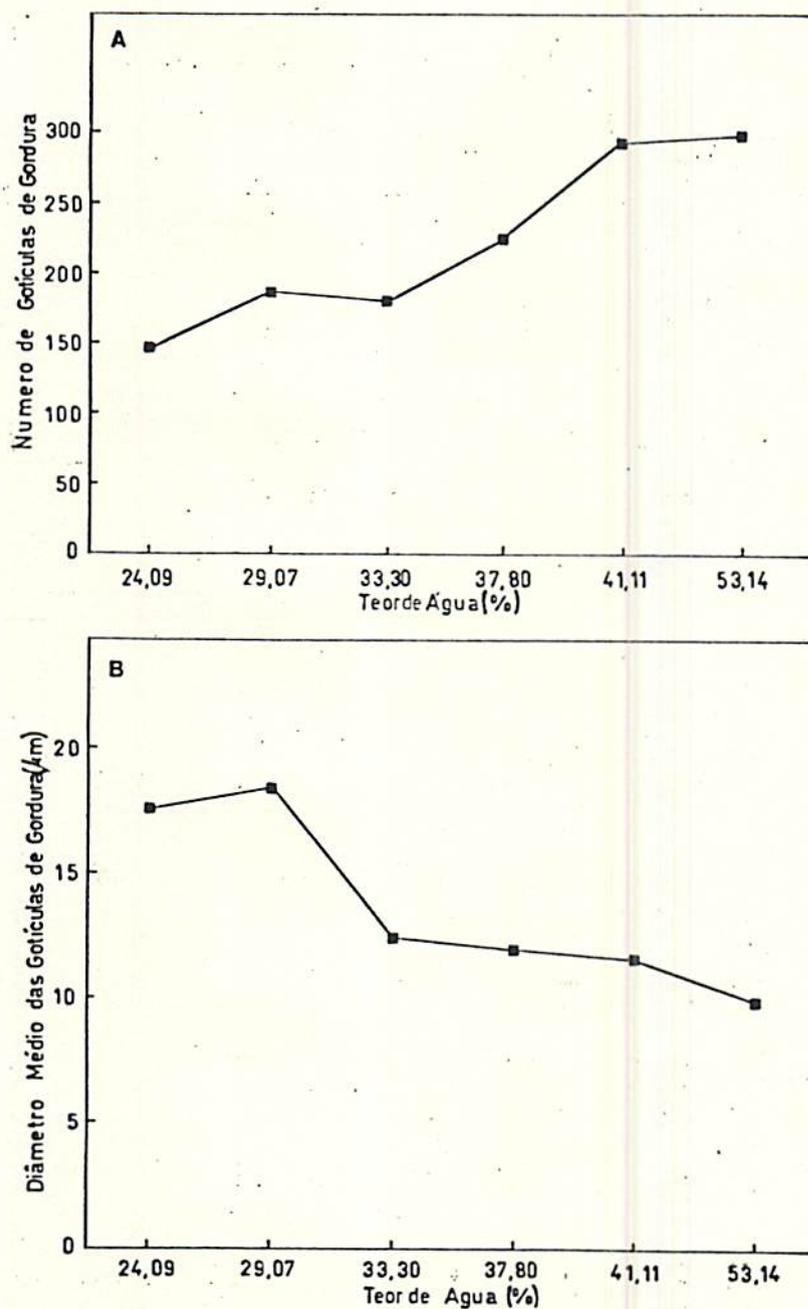


FIGURA 11. Variação do número (A) e do diâmetro médio (B) das gotículas de gordura durante o processo de coalescência em creme de peixe.

na pasta de peixe houve uma maior incidência de gotículas com diâmetro médio de $9\ \mu\text{m}$ em todos os teores de água durante a secagem. Observa-se no creme de abacate com teor de água de 66,33%, que os diâmetros médios mais frequentes das gotículas foram 9,13 e $17\ \mu\text{m}$. No teor de água de 66% aproximadamente, verificou-se uma grande redução na incidência de gotículas com diâmetro médio de $9\ \mu\text{m}$ até atingir um teor de água de 8,96% quando esta frequência volta a aumentar. No teor de água de 66,42%, verificou-se uma redução na incidência de gotículas com diâmetro médio de $9\ \mu\text{m}$ e um aumento na incidência de gotículas com 13, 17, 21 e $25\ \mu\text{m}$ em diâmetro. Observa-se na Figura 12(B) o creme de peixe com teor de água de 53,14%, que os diâmetros médios mais frequentes das gotículas foram 9, 5 e $13\ \mu\text{m}$. No teor de água de 33,30%, verificou-se uma grande redução na incidência das gotículas com diâmetro médio de $9\ \mu\text{m}$ e um aumento na incidência das gotículas com 13, 17, 21, 25 e $29\ \mu\text{m}$ em diâmetro. A partir dos teores de água de 66,42% e 33,30% de abacate e peixe, respectivamente, os diâmetros médios das gotículas aumentaram até atingir um teor de água de 8,96% e 24,09% nos concentrados de abacate e peixe, respectivamente. Isto sugere uma possível inversão da emulsão no sistema, nas amostras sob consideração.

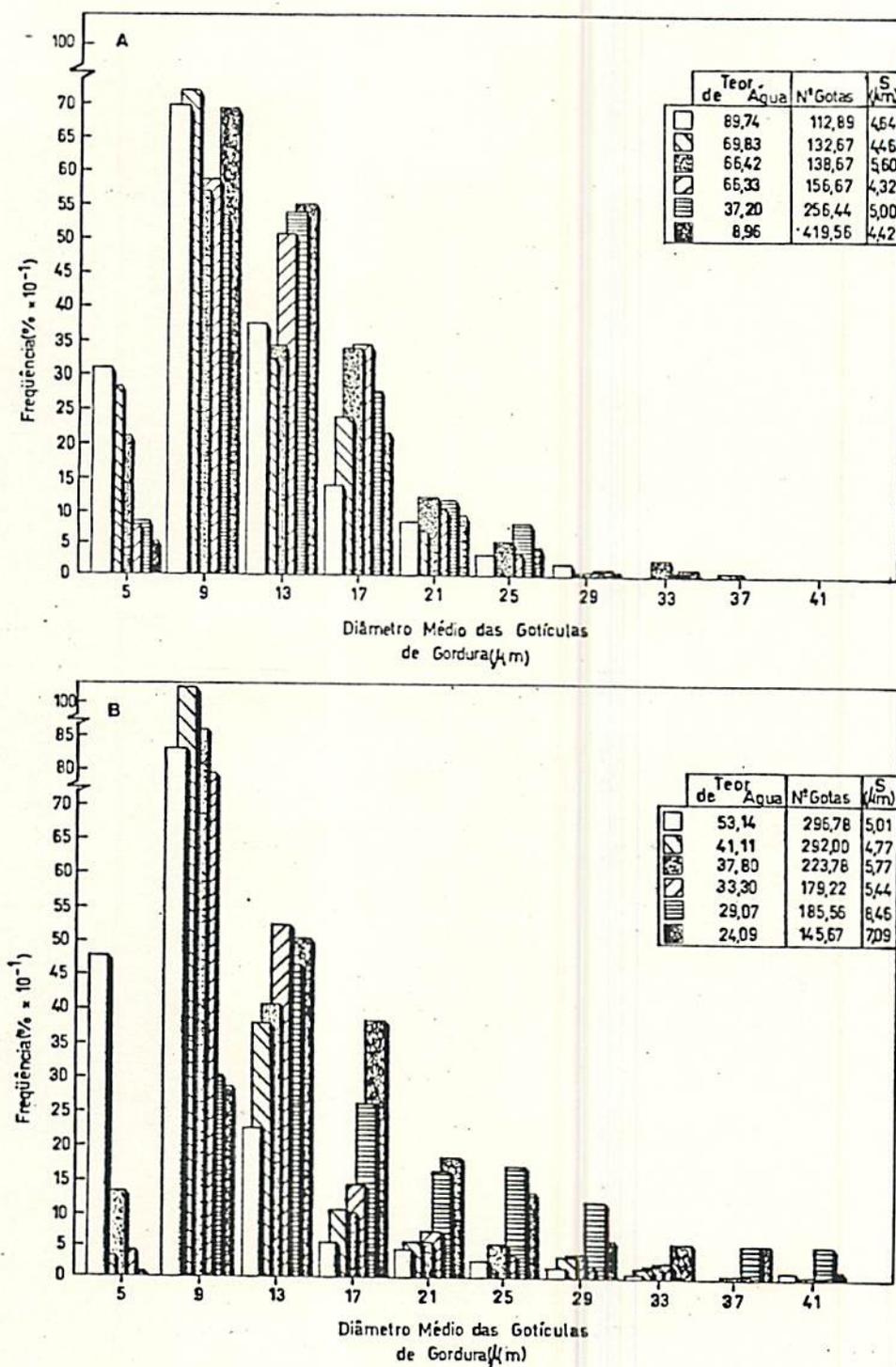


FIGURA 12. Variação da frequência dos diâmetros médios dos glóbulos de gordura em cremes de abacate (A) e peixe (B) durante o processo de secagem.

4.3.4. Cinética de coalescência

A cinética de coalescência das gotículas de gordura de abacate e peixe durante a secagem a frio é apresentada na Figura 13(A,B). Nota-se no creme de abacate e peixe uma significativa diminuição da mesma nas primeiras 22 horas de secagem quando a pasta atinge um teor de água de 63,33% e 33,30%, respectivamente. A partir deste momento a cinética se reduz em duas vezes para as gotículas de gordura no concentrado de abacate e de quatro vezes para o concentrado de peixe até alcançar o período de 42 horas de secagem. Esta variação da velocidade de coalescência é atribuída às variações dos diâmetros das gotículas, diante da remoção de água do sistema, fato também observado por GLADWELL et alii (1985). SHERMAN (1979) discutiu a importância do tamanho e distribuição das gotículas na estabilidade da emulsão. O seu tamanho médio aumentou com o grau de coalescência a qual foi evidenciada no aumento da viscosidade. Os resultados também mostraram dois períodos distintos na cinética de coalescência no decorrer da secagem a frio.

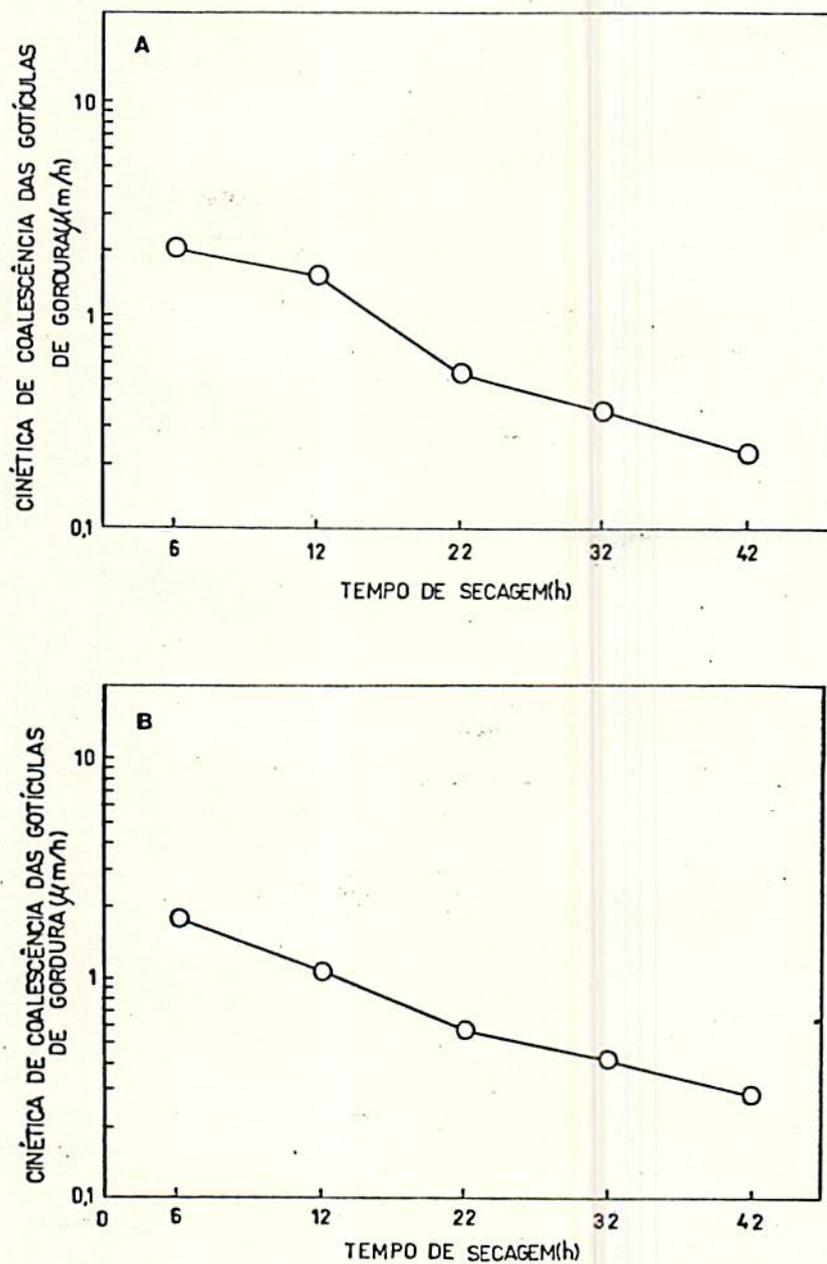


FIGURA 13. Cinética de coalescência das gotículas de gordura em cremes de abacate (A) e peixe (B) durante o processo de secagem.

4.4. Estabilidade e vida de prateleira

Devido a problemas técnicos, a estabilidade e vida de prateleira somente foi avaliada a partir de pastas de peixe.

4.4.1. Crescimento microbiano

A acidez dos cremes e pastas determinada antes e após a secagem e nas pastas condicionadas para avaliar o surgimento de fungos na sua superfície, são mostradas nas Tabelas 2 e 3. Percebe-se claramente que o pH permaneceu constante próximo a $7,0 \pm 0,20$. O pH neutro favorece o crescimento de bactérias. Fungos crescem melhor em pH menores do que 6,0 (TROLLER, 1979 e BEUCHAT, 1981). A variação no valor de pH nos cremes e pastas indica um possível crescimento de fungos não afetado pelo pH.

A Figura 14 mostra a contagem de microorganismos em Unidade Formadora de Colônia (UFC)/g nas amostras de cremes e pastas de peixe. Observa-se que o total de microorganismos não ultrapassou a 25 UFC/g em quase todos os tratamentos. No creme que não foi adicionado glicerol e com a_w de 0,67, verificou-se uma contagem maior e ainda assim abaixo de 80 UFC/g. No entanto, com a secagem, este número ficou reduzido a níveis menores do que 15 UFC/g. O valor máximo de UFC/g permitido, segundo Compêndio Nacional de Normas e Padrões Alimentícios (CNNPA) para pastas de carnes é 10^2 fungos/g de pasta.

TABELA 2. Valores de pH das amostras de cremes e pastas de peixe tratadas com glicerol.

| Gli.,% | Creme | Pasta |
|--------|-------|-------|
| 0 | 7,12 | 7,10 |
| 5 | 7,25 | 7,05 |
| 10 | 7,18 | 6,93 |
| 15 | 6,98 | 6,92 |
| 20 | 7,16 | 7,05 |

TABELA 3. Valores de pH nas amostras na forma de pastas após estocadas em diferentes umidades relativas nas temperaturas de 10° e 22°C

| | | Pasta estocada | | | | | |
|--------|------|----------------|------|------|------|------|------|
| | | UR% | | | | | |
| Gli.,% | a w | 10°C | | | 22°C | | |
| | | 43 | 55 | 90 | 43 | 55 | 90 |
| 0 | 0,67 | 6,85 | 6,85 | 6,84 | 6,75 | 6,91 | 6,88 |
| 5 | 0,49 | 6,90 | 6,92 | 6,93 | 6,86 | 6,90 | 6,91 |
| 10 | 0,42 | 7,01 | 7,04 | 6,90 | 6,80 | 6,88 | 6,91 |
| 15 | 0,26 | 6,96 | 6,92 | 6,82 | 6,82 | 6,82 | 6,83 |
| 20 | 0,24 | 6,89 | 6,88 | 6,89 | 6,85 | 6,80 | -- |

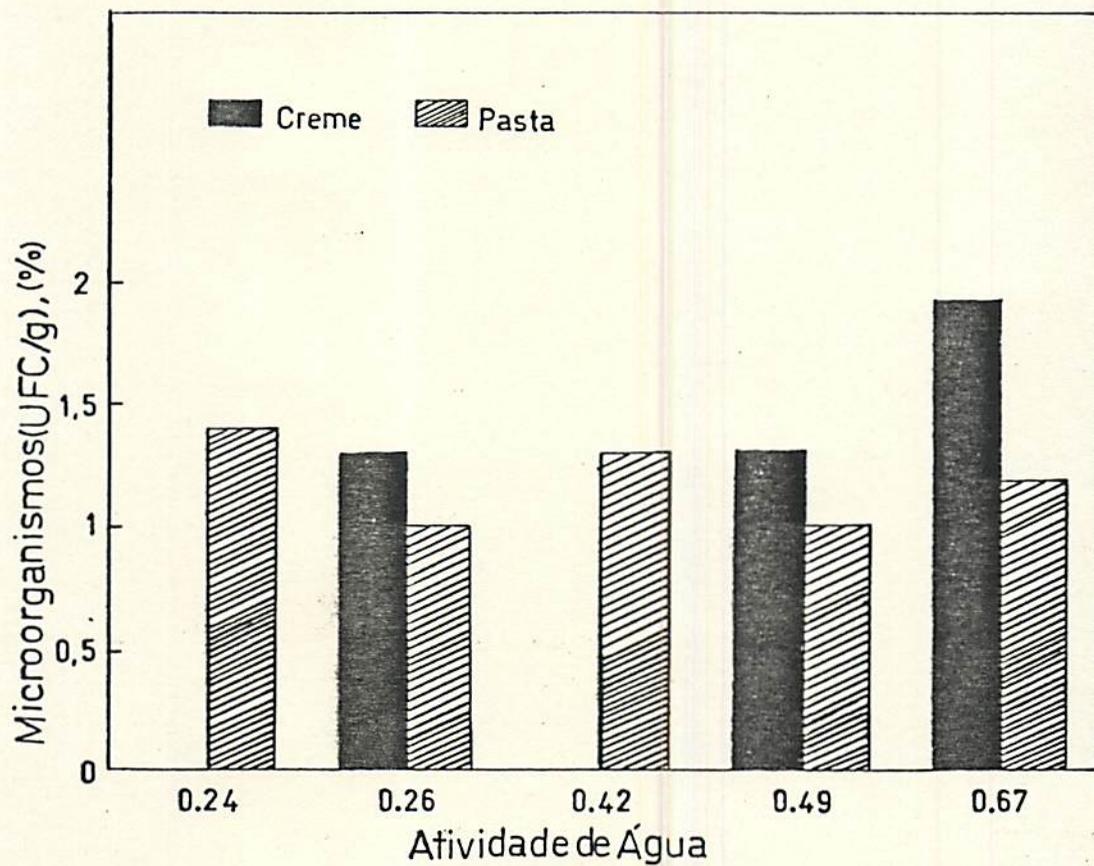


FIGURA 14. Crescimento microbiano em cremes e pastas de peixe, obtidas por secagem a frio.

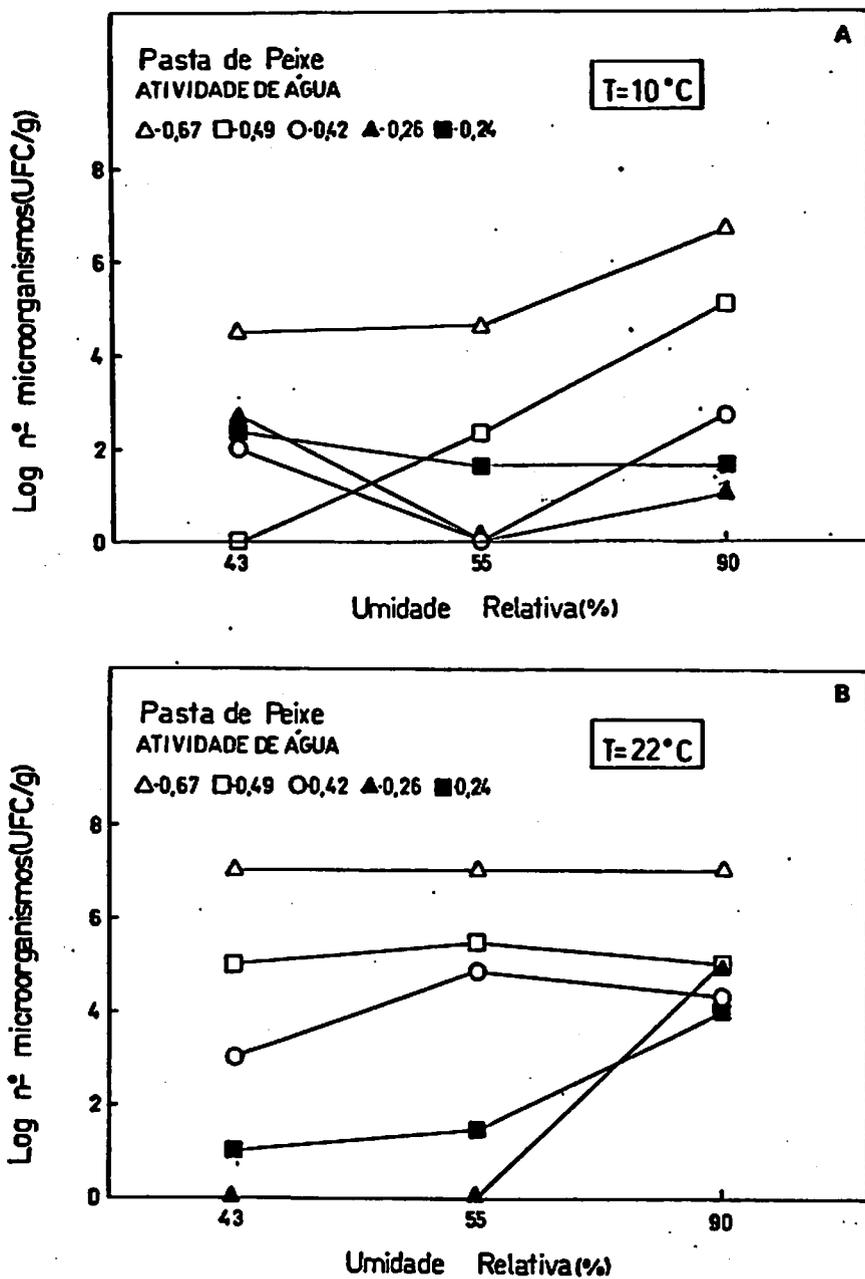


FIGURA 15. Crescimento microbiano em pastas de peixe obtidas por secagem a frio, condicionadas a temperaturas A (10°C) e B (22°C) e umidades relativas de 43%, 55% e 90%.

A Figura 15 mostra o crescimento de fungos nas pastas de peixe armazenadas a 10° e 22°C em ambientes com umidades relativas de 43%, 55% e 90%. Observa-se a redução da incidência de fungos a medida que se reduz a atividade de água e a temperatura. A pasta a 10°C com a_w 0,49 (5% glicerol) na umidade relativa de 55% ofereceu uma estabilidade razoável em relação a pasta com a_w de 0,24. Na temperatura de 22°C as pastas com a_w de 0,24 e 0,26 (com 20% e 15% de glicerol, respectivamente) apresentaram crescimento de fungos abaixo do permitido de acordo com BRASIL (1987).

4.4.2. Incidência de fungos

A Figura 16 mostra o grau de incidência dos fungos (UFC/g) encontrados nas pastas de peixe expostas a ambientes com temperatura de 10°C e umidades relativas de 43, 55 e 90%. Observa-se que a umidade relativa a 55% foi a que apresentou a incidência mais baixa de fungos, seguida pela de 43% e 90%. A umidade relativa de 43% mostrou um maior crescimento de *Penicillium* em todas as amostras exceto na que possuía uma a_w de 0,49, seguido pelo *Fusarium* que cresceu nas pastas com a_w s de 0,24 e 0,26. O *Aspergillus* apareceu na amostra com a_w de 0,26, atividade de água de crescimento abaixo da encontrada nas literaturas ACOTT et alii (1976) e BEUCHAT (1979, 1981, 1983). O *Penicillium* foi encontrado nas pastas com a_w s de 0,24, 0,49 e 0,67, seguido do *Fusarium* nas amostras com a_w de 0,24 e o *Cladosporium* nas amostras com a_w de 0,49 na umidade relativa de 55%.

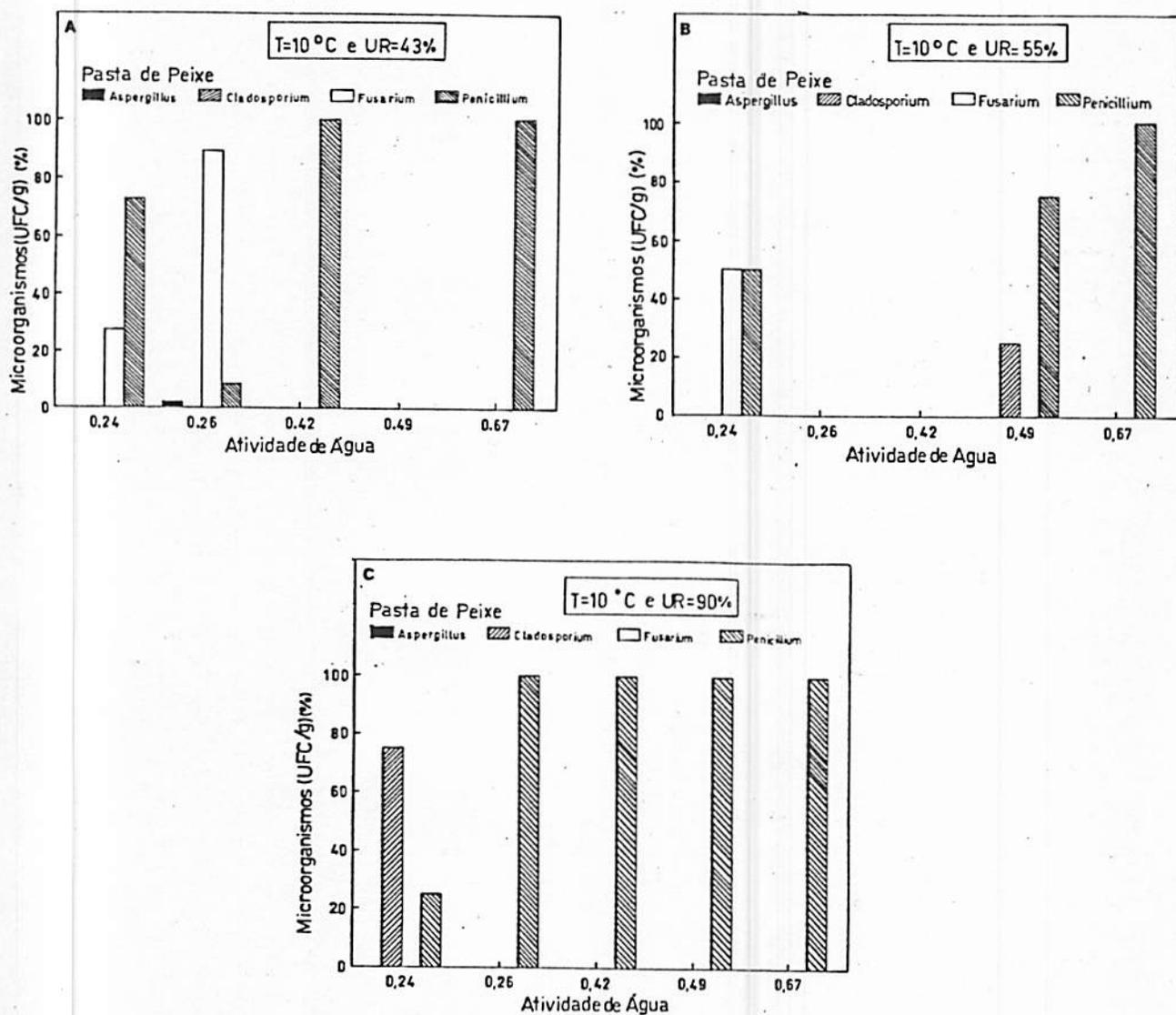


FIGURA 16. Incidência de fungos nas pastas de peixe condicionadas a temperatura de 10°C em umidades relativas A(43%), B(55%) e C (90%).

Nas pastas em ambiente de umidade relativa de 90%, o *Penicillium* cresceu em todas as atividades de água, e o *Cladosporium* nas pastas com a_w de 0,24.

O crescimento de *Penicillium* se deu em todas as umidades relativas selecionadas para condicionamento, sendo sua maior incidência a 90% (UR) quando ocorreu na totalidade das amostras em diferentes níveis de atividades de água. O *Fusarium* cresceu quando as amostras foram condicionadas em umidades relativas de 43 e 55% e nas a_{ws} de 0,24 e 0,26.

O crescimento do *Cladosporium* foi restrito às pastas condicionadas em ambientes de umidades relativas de 55% e 90%, com a_{ws} de 0,49 e 0,24, respectivamente.

A composição dos resultados de crescimento evidencia maior aparecimento de *Fusarium* nas pastas em ambientes de umidades relativas de (43% e 55%). Por outro lado o *Cladosporium* cresceu mais nas pastas condicionadas em umidades relativas de (55% e 90%). O crescimento se deu em valores de atividades de água menores ao da literatura (TROLLER, 1979).

A Figura 17 ilustra a incidência de fungos (UFC/g) em pasta de peixe mantida em ambientes a 22°C e umidades relativas de 43%, 55% e 90%. Observa-se surgimento de fungos em todos os níveis de umidade relativa, sendo o mais acentuado a 90%. Na umidade relativa de 43% aparece o *Cladosporium* nas amostras com a_w de 0,24 e 0,42 e de *Penicillium* nas amostras com atividades de água de 0,49 e 0,67. Nas pastas condicionadas na umidade relativa de

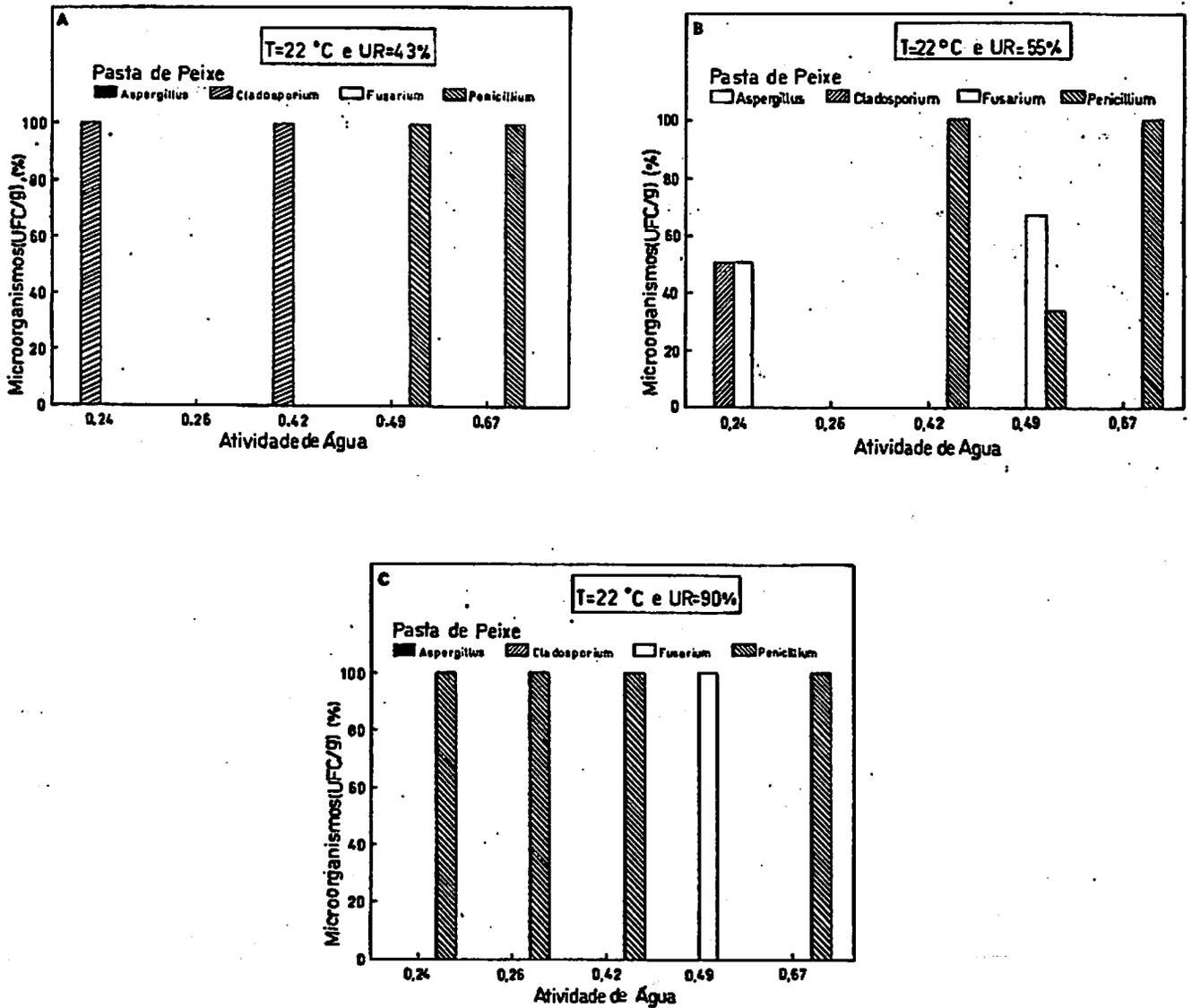


FIGURA 17. Incidência de fungos nas pastas de peixe condicionadas a temperatura de 22°C em umidades relativas A (43%), B (55%) e C (90%).

55%, observa-se a presença de *Cladosporium* nas pastas com a_w de 0,24. O *Fusarium* foi encontrado nos concentrados com atividades de água 0,24 e 0,49. O crescimento de *Penicillium* foi mais evidente, constatou-se o aparecimento nas amostras com a_w de 0,42, 0,49 e 0,67.

O surgimento de *Penicillium* nas pastas em ambiente com umidade relativa de 90% se deu em todas as amostras, exceto na amostra com a_w 0,49.

De modo geral foi verificado o crescimento de *Penicillium* em todos os níveis de umidade relativa a que foram expostas as pastas obtidas neste estudo. As amostras condicionadas em ambientes com umidade relativa de 90% foram as mais afetadas. O crescimento do *Cladosporium* ocorreu nos ambientes com uma umidade relativa de 43% e 55% e o *Fusarium* surgiu nas amostras mantidas em ambientes com 55% e 90% (UR). As pastas armazenadas a 10°C e 22°C apresentaram comportamentos diversos com respeito ao surgimento de fungos.

Os valores de atividades de água observados nas pastas, estão abaixo das atividades de água mínimas requeridas pelos respectivos microorganismos (LABUZA et alii, 1972; HAAS et alii, 1975 e ACOTT & LABUZA, 1975). Este fato pode ser atribuído à medição da atividade de água na superfície das amostras.

4.4.3. Avaliação microbiológica

A Figura 18 apresenta o período de permanência de pasta de peixe condicionada em ambientes a 10° e 22°C com umidades relativas de 43%, 55% e 90%.

A pasta de peixe sem adição de glicerol armazenada às temperaturas de 10° e 22°C, obtiveram um período de permanência de 9 a 4 dias, respectivamente. A pasta contendo 5% de glicerol apresentou um período de permanência de 15 e 32 dias a 22° e 10°C, respectivamente, o que indica uma possível influência da redução da atividade de água com a adição de glicerol. Entretanto, este fato não ocorre na pasta com 10% de glicerol a 22°C, tendo em vista que o tempo de armazenamento foi reduzido a 8 dias enquanto que esta mesma pasta mantida a 10°C teve um tempo de armazenamento de 60 e 27 dias, quando condicionada nas umidades relativas de 43% e 55%, e 90%, respectivamente. Isto pode ser atribuído principalmente à influência da temperatura sobre as umidades relativas em estudo. Nas pastas contendo glicerol nas concentrações de 15% e 20%, o tempo de armazenamento foi praticamente o mesmo.

Os tempos de armazenamento, considerando as temperaturas de 10° e 22°C das pastas condicionadas nas umidades relativas de 43%, 55% e 90%, mostram valores diferentes.

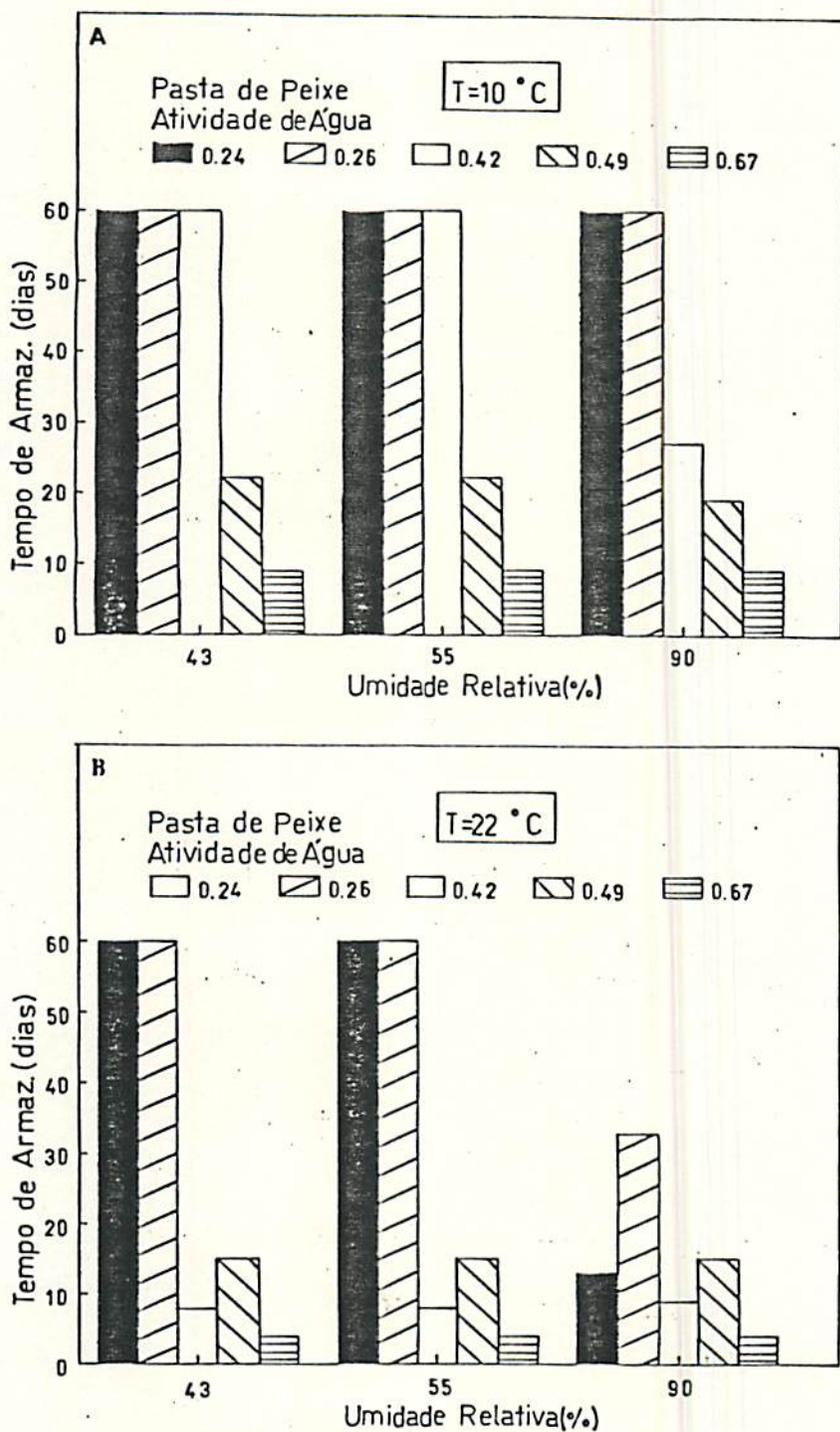


FIGURA 18. Avaliação de pastas de peixe condicionadas a temperaturas A (10°C) e B (22°C) e umidades relativas de 43%, 55% e 90%.

5. CONCLUSÕES

1 - Durante a secagem a frio de creme de abacate e peixe foi possível constatar o fenômeno de coalescência. No concentrado de abacate foi observado também aumento da viscosidade e do grau de "Spreading".

2 - O creme de peixe, submetido a secagem a frio, apresentou uma atividade de água final igual a 0,67 o que permitiu o crescimento de *Penicillium* ssp nas pastas condicionadas a 10° e 22°C e umidades relativas de 43%, 55% e 90%. Em níveis acima de 10² UFC/g o máximo aceitável.

3 - A adição de 5% de glicerol, o máximo permitido, ao creme de peixe, inibiu o crescimento parcial de fungos nas pastas, à temperatura de 10° e 22°C nas umidades relativas de 43%, 55%, 90% e 43%, 55%, respectivamente, no período de permanência das pastas condicionadas.

4 - Na temperatura ambiente de 22°C e UR de 43% e 55%, a inibição parcial de fungos foi efetiva a níveis aceitáveis com a adição de glicerol a 15% e 20%.

5 - Na temperatura ambiente de 10°C foi encontrado um período de armazenamento que variou entre 27 e 60 dias nas pastas de peixe com atividade de água de 0,42, condicionadas nas umidades relativas sob estudo.

6 - A adição de glicerol ao creme de peixe juntamente com a secagem a frio reduziu significativamente a atividade de água do sistema.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Estudar a distribuição de água no alimento durante a secagem a frio.
2. Verificar a cinética de remoção de água em alimentos de origem animal e vegetal com diferentes composições químicas.
3. Otimizar as condições de processo da secagem a frio de modo a encontrar uma relação ótima entre a velocidade do ar de secagem, a temperatura, a umidade relativa e outros parâmetros.
4. Desenvolver modelos matemáticos capazes de prever a vida de prateleira dos produtos levando em consideração sua atividade de água e/ou teor de água e sua possível migração.
5. Desenvolver modelos matemáticos que considerem a composição química de materiais submetidos a secagem a frio.

7. RESUMO

O processo de secagem a frio permite obter concentrados de alta consistência, estáveis, similares aos produtos de umidade intermediária. Este processo opera entre 0 e 15°C, à pressão atmosférica. Esta pesquisa avaliou o comportamento e estabilidade de cremes de abacate e peixe que se caracterizaram por possuir elevados teores de gordura, que pela remoção de água e coalescência dos glóbulos promovem a inversão das emulsões formadas e a mudança de características reológicas nos produtos finais. O potencial de estabilidade de tais produtos (pastas) foi avaliado a partir do controle de atividade de água, mediante o grau de remoção de água pela secagem e adição de glicerol. O glicerol também permitiu reforçar o controle do crescimento microbiano, notadamente de fungos e leveduras.

Este estudo pretendeu correlacionar a atividade de água dos produtos obtidos, com seu tempo de armazenamento, tendo em vista a incidência de fungos típicos destes produtos (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*).

A emulsão de peixe foi avaliada de tal modo a permitir o acompanhamento da cinética de coalescência dos glóbulos de gordura mediante a determinação de mudanças de diâmetro e número de tais glóbulos durante a secagem.

A secagem a frio de cremes de abacate e de peixe apresentou resultados distintos. O período de permanência foi estipulado de 60 dias, as pastas de peixe armazenadas com uma mínima atividade de água alcançável por este processo, juntamente com a adição de glicerol não foi verificado o crescimento de fungos na superfície durante este período.

8. SUMMARY

ATTAINMENT OF PASTES OF AVOCADO (*Persea americana*, Collinson) AND FISH (*Engraulis* ssp.) BY COOL DRYING AND YOUR EVALUATION MICROBIOLOGICAL

The cool drying process allows to obtain concentrates with high consistency, stable, similar to products with intermediate moisture content. The process operates in the temperature range of 0° to 15°C, under atmospheric pressure. This research evaluated the stability and physical behaviour of avocado and fish creams submitted to cool drying. These creams are characterized by a high fat content. The viscosity of these products changed with the water removal which also provoked the coalescence of the fat globules. The stability of the products was evaluated through the control of water activity which was achieved through water removal and the addition of glycerol. These controls permitted the monitoring of the microbial growth in this type of product.

This study also tried to correlate the product water activity, with its storage time, considering the incidence of certain fungi (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*). Fat globule coalescence on fish cream emulsions was followed through measurements on fat globule diameters along the drying process.

The degree of water removal in avocado and fish creams offered different results. The average storage time of pastes was about 60 days, when considering minimum values of water activity reached by this process, together with the addition of glycerol.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACOTT, K.; SLOAN, A.E. & LABUZA, T.P. Evaluation of antimicrobial agents in a microbial challenge study for an intermediate moisture dog food. *Journal of Food Science*, Chicago, 41(3):541-6, May/June 1976.
2. ADAMS, C. *Nutritive value of american foods*. Washington, Agricultural Research Service, 1975. 291p. (Agriculture Handbook, 456).
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. *Compêndio da Legislação de Alimentos*. Campinas, 1990. v.1, p.ir. (Revisão, 4).
4. ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15th ed. Washington, 1990. v.2. 1298p.

5. AYERST, G. The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi. *Journal of Stored Production Research*, Oxford, 5(2):127-41, Aug. 1969.
6. BEUCHAT, L.R. Influence of water activity on growth, metabolic activities and survival of yeasts and molds. *Journal of Food Protection*, Ames, 46(2):135-41, Feb. 1983.
7. _____ . Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*, Minnesota, 26(7):345-8, July 1981.
8. _____. Survival of conidia of *Aspergillus flavus* in dried foods. *Journal of Stored Production Research*, Oxford, 15(1):25-31, 1979.
9. _____ & HEATON, E.K. Factors influencing fungal quality of pecans stored at refrigeration temperatures. *Journal of Food Science*, Chicago, 45(2):251-54, May/Apr. 1980.
10. BOEH-OCANSEY, O. Effects of vacuum and atmospheric freeze-drying on quality of shrimp, turkey flesh and carrot samples. *Journal of Food Science*, Chicago, 49(5):1457-61, Sept./Oct. 1984.

11. BONE, D. Water activity in intermediate moisture foods. *Food Technology*, Chicago, 27(4):71-6, Apr. 1973.
12. BOURNE, M.C. Effect of water activity on texture profile parameters of apple flesh. *Journal of Texture Studies*, Westport, 17(3):331-40, 1986.
13. BOYLAN, S.L.; ACOTT, K.A. & LABUZA, T.P. *Staphylococcus aureus* challenge study in an intermediate moisture food. *Journal of Food Science*, Chicago, 41(4):918-21, July/Aug. 1976.
14. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria SNVS/DINAL/BSB/Nº 01/87. Brasília, 28 de jan. 1987. 8p.
15. BROCKMANN, M.C. Development of intermediate moisture foods for military use. *Food Technology*, Chicago, 24(2):60-4, Aug. 1970.
16. BURVALL, A.; ASP, N.G.; BOSSON, A.; SAN JOSE, C. & DAHLQVIST, A. Storage of lactose-hydrolysed dried milk: effect of water activity on the protein nutritional value. *Journal of Dairy Science*, Campaign, 45(4):381-5, Apr. 1978.

17. CAL-VIDAL, J.; KUBOTA, E.H. & CASTRO GOMES, R.J.H. 1987.
Criosecador para a produção de pastas alimentícias de alta estabilidade. Brasil. Patente 650 1583, 08/10/85.
Revista da Propriedade Industrial. pág. 34.
18. CARDELLO, A.V.; BALL, D.H.; ALABRAN, D.M.; MORRILL & POWELL, G.M. The taste, odor and hedonic quality of polyglicerols. *Chemical Sences*, Oxford, 9(3):285-301, 1984.
19. CARN, R.M. & KING, C.J. Modification of conventional freeze dryers to accomplish limited freeze drying. In: KING, C.J. & CLARK, J.P., eds. *Water removal processes: drying and concentration of foods and other materials*. New York, American Institute of Chemical Engineers, 1977. V.73, n. 163, p.103-12.
20. CARVALLO, P.M.S. & SCHAFFELD, G.G. Formulação of an avocado paste product. *Alimentos*, Valparaíso, 8(4):9-14, 1983.
21. CHIRIFE, H. & FERRO FONTAN, C. Water activity of fresh foods. A research note. *Journal of Food Science*, Chicago, 47(2):661-3, Mar./Apr. 1982.

22. CHIU, C.P. & KOSIKOWSKI, F.V. Hydrolyzed lactose syrupe from concentrated sweet whey permeates. *Journal Dairy of Science*, Campaing, 68(1):16-20, Jan. 1985.
23. DICKINSON, E. & STAINSBY, G. Progress in the formulation of food emulsions and foams. *Food Techology*, Chicago, 41(9): 74-81, Sept. 1987.
24. ERICKSON, L.E. Recent developments in intermediate moisture foods. *Journal of Food Protection*, Ames, 45(5):484-91, Apr. 1982.
25. FLINK, J.M. Intermediate moisture food products in the american marketplace. *Journal of Food Protection*, Ames, 40(12):324-39, Dec. 1977.
26. GEE, M.; FARKAS, D. & RAHMAN, A.R. Some concepts for the development of intermediate moisture foods. *Food Technology*, Chicago, 31(4):58-64, Apr. 1977.
27. GLADWELL, N.; RAHALKAR, R.R. & RICHMOND, P. Creep recovery of oil - Water emulsions: influence of disperse phase concentration. *Journal of Food Science*, Chicago, 50(5): 1477-81, Sept./Oct. 1985.

28. GOMES, M.H. & AGUILERA, J.M. Sweetened extruded corn/soy product as intermediate moisture food. *Journal of Food Science*, Chicago, 51(0):1-3, Jan./Feb. 1986.
29. HAAS, G.J.; BENNETT, D.; HERMAN E.B & COLLETTE, D. Microbial stability of intermediate moisture foods. *Food Technology*, Chicago, 29(4):86-94, Apr. 1975.
30. HALEK, G.W.; PAIK, S.W. & CHANG, K.L.B. The effect of moisture content on mechanical properties and texture profile parameters of corn meal extrudates. *Journal of Texture Studies*, Westport, 20(2):43-55, 1988.
31. HALLOWEL, E.R. Atmospheric air. In: HALLOWEL, E.R. *Cold and freezer storage manual*. 2. ed. Westport, AVI, 1980. Chap. 3, p.42-50.
32. HEIDELBAUGH, N.D. & KAREL, M. Effect of water-binding agents on the catalyzed oxidation on methyl linoleat. *Journal American Oil Chemical Society*, Champaign 47:539-44, 1970.
33. _____ & KAREL, M. Intermediate moisture food technology. In: GOLDBLITH, L.R. & ROTHMAYR S.A. *Freeze drying and advanced food technology*. New York, Academic Press, 1975. Chap. 39, p.619-41.

34. HELDMAN, D.R. & HOHNER, G.A. An analysis of atmospheric freeze drying. *Journal of Food Science*, Chicago, 39(1): 147-55, Jan./Feb. 1974.
35. HOCKING, D.A. Improved media for enumeration of fungi from foods. *CSIRO Food Research Quarterly*, Melbourne, 41(1): 7-11, 1981.
36. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2. ed. São Paulo, 1976. V.1, 371p.
37. JONES, R.L. & KING, C.J. Use of hydrating salts to accomplish limited freeze drying. In: *Water removal processes: drying and concentration of foods and other materials*. New York, American Institute of Chemical Engineers, 1977. V.73, n.163, p.113-23.
38. JUVEN, B.J.; COX, N.A; BAILEY, J.S.; THOMSON, J.E.; CHARLES, O.W. & SHUTZE, J.V. Survival of salmonella in dry food and feed. *Journal of Food Protection*, Ames, 47(5):445-8, May, 1984.

39. KAPLOW, M. Comercial development of intermediate moisture foods. *Food Technology*, Chicago, 24(8):889-93, Aug. 1970.
40. KAREL, M. Technology and application of new intermediate moisture foods. In: DAVIES, R.; BIRCH, G.G. & PARKER, K.T., ed. *Intermediate Moisture Foods*, London, Applied Science Publishers, 1976. p.4-31.
41. KAPSALIS, J.G.; BALL, D.H.; ALABRAN, D.M. & CARDELLO, A.V. Polyglycerols and polyglycerol esters as potential water activity reducing agents. Chemistry and sensory analysis. In: SIMATOS, D. & MULTON, J.L., ed. *Properties of water in foods*. Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers, 1985. p.481-96.
42. KARMAS, E; BUERA, M.P. & KAREL, M. Effect of glass transition on rates of non-enzymatic browning in food systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 40:873-9, 1992.
43. _____ & CHEN, C.C. Relationship between water activity and water binding in high and intermediate moisture foods. *Journal of Food Science*, Chicago, 40(6):800-1, Nov./Dec. 1975.

44. KATZ, E.E. & LABUZA, T.P. Effect of water activit on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *Journal of Food Science*, Chicago, 46(2):403-9, Mar./Apr. 1981.
45. KOKINE, J.L. & DICKIE, A. A model of food spreadability from fluid mechanics. *Journal of Texture Studies*, Westport, 13(2):211-27, 1982.
46. KUBOTA, E.H. Cinética de perda d'água e caracterização reológica de uma pasta láctea obtida pela secagem a frio. Lavras, ESAL, 1985. 94p. (Tese MS).
47. _____ & CAL-VIDAL, J. Secagem a frio de um produto lacteo. *Revista Instituto Laticínio Cândido Tostes*, Juiz de Fora, 42(253):35-42, 1987.
48. LABUZA, T.P. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. *Food Technology*, Chicago, 34(4):36-59, Apr. 1980.
49. _____. Nutrient losses during drying and storage of dehydrated foods. *Critical Review. Food Techonology*, 3(2):217-40, Feb. 1972.

50. LABUZA, T.P. Properties of water as related to the keeping quality of foods. In: INTERNATIONAL CONGRESS FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 3, Washington, 1970. p. 618-35.
51. _____. Sorption phenomenon in foods. *Food Technology*, Chicago, 22(3):15-24, Mar. 1968.
52. _____.; CASSIL, S. & SINSKEY, A.J. Stability of intermediate moisture foods. 1. Lipid oxidation. *Journal of Food Science*, Chicago, 37(1):160-2, Jan./Feb. 1972.
53. _____.; CASSIL, S. & SINSKEY, A.J. Stability of intermediate moisture foods. 2. microbiology *Journal of Food Science*, Chicago, 37(1):160-2, Jan./Feb. 1972.
54. _____ & CHOHNER, H.E. Decrease of linoleate oxidation rate due to water at intermediate water activity. *Journal of Food Science*, Chicago, 39(1):112-3, Jan./Feb. 1974.
55. _____.; TANNENBAUM, S.R. & KAREL, M. Water content and estability of low moisture and intermediate moisture foods. *Food Technology*, Chicago, 24(5):543-50, May 1970a.

56. LEIRAS, M.C.; ALZAMORA, S.M. & CHIRIFE, J. Water activity of galactose solutions. *Journal of Food Science*, Chicago, 55(4):1174-6, 1990.
57. LEITÃO, M.F.F. Atividade de água e transformações microbiológicas de deterioração. In: SEMINÁRIO DE ATIVIDADE DE ÁGUA EM ALIMENTOS, 1, Campinas, 1987. Primeiro... Campinas, ITAL, 1987.
58. LEVI, A.; GAGEL, S. & JUVEN, B.J. Intermediate moisture tropical fruit products for developing countries. II quality characteristic of papaya. *Journal of Food Technology*, Chicago, 20(2):163-75, Apr. 1985.
59. LEWIN, L.M. & MATELES, R.I. Freeze dryng without vacuum: A preliminary investigation. *Food Technology*, Chicago, 6(1):94-6, Jan. 1962.
60. LONCIN, M. Activity of water and its importance in pre-concentration and drying of foods. In: BRUIN, S., ed. *Preconcentration and Drying of Food Materials*. Netherlands, Elsevier Science Publishers B.V. 1988.

61. LONCIN, M.; BIMBENET, S. & LENGES, J. Influence of the activity of water on the spoilage of food stuffs. *Journal Food of Technology*, Chicago, 3(1):131, Jan./Feb. 1968.
62. LUCISANO, M.; CASIRAGHI, E. & POMPEI, C. Optmization of an instrumental method for the evaluation of spreadability. *Journal of Texture Studies*, Westport, 20(2):301-5, 1989.
63. MCWATTERS, K.H. & CHERRY, J.P. Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, field pea and pecan flours. *Journal of Food Science*, Chicago, 42(6):1444-50, Nov./Dec. 1977.
64. MALECKI, G.J.; SHINDE, P.; MORGAN JR., A.I. & FARKAS, D.F. Atmosferic fluidized bed freeze - drying. *Food Technology*, Chicago, 24(5):601-3, May 1970.
65. MANDARRO, A.; PIÑAGA, F.; CARBONELL, J.V. & PEÑA, J.L. Deshidratación de frutas y hortalizas con aire ambiente. I. Ensayos exploratorios con zanahorias. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, 21(4):525:33, Dez. 1981.
66. MERYMAN, H.T. Sublimation freze-drying without vacuum. *Science*, Washington, 130:628-9, 1959.

67. MIZRAHI, S.; LABUZA, T.P. & KAREL, M. Feasibility of accelerated tests for browning in dehydrated cabbage. *Journal of Food Science*, Chicago, 35(6):804-7, Nov./Dec. 1970.
68. MOSSEL, D.A.A.; KLEYNEN-SEMELLING, A.M.C. & VINCENTIE, H.M. Oxytetracycline - glucose-yeast extract agar for selective enumeration of moulds and yeasts in foods and clinical material. *Journal of Applied Bacteriology*, London, 33(1):454-7, Jan./Feb. 1970.
69. NURY, F.S., BREKKE, J.E. & BOLIN, H.R. Raisin paste: measurement and control of consistency. *Food Technology*, Chicago, 18(3):119-21, Mar. 1964.
70. O'BRIEN, M.A. *The Control of Humidity by Saturated Salt Solutions*. [MS. first received 14 november 1940 and in final form 7 August 1947] vol. 25, mar. 1948.
71. PAREDES, M.D.C.; RAO, M.A. & BOURNE, M.C. Rheological Characterization of salad dressings 2: effect of storage. *Journal of Texture Studies*, Westport, 20(2):235-50, 1989.
72. PITT, J.I. Food mycology - an emerging discipline. *Journal of Applied Bacteriology*, Oxford, 67 (Supl. 18):1S-9S, 1989.

73. PITT, J.I. & CHRISTIAN, J.H.B. Water relations of xerophilic fungi isolated from prunes. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, 16(6): 1853-8, June 1968.
74. _____ & HOCHING, A.D. Food spoilage fungir. I. *Xeromyces bispoms frazer*. *CSIRO Food Research Quarterly*, Melbourne, 42(1):1-6, 1982.
75. PLITMAN, M.; PARK, Y.; GOMEZ, R. & SINSKEY, A.J. Viability of *Staphylococcus aureus* in intermediate moisture meats. *Journal of Food Science*, Chicago, 38(6:1004-8, Sept./Oct. 1973.
76. POTTER, H. H. Intermediate moisture foods - principles and technology. *Food Product Development*, New York, 4:38-46, 1970.
77. QUAST, D.G. Físico-química da água em alimentos desidratados. *Boletim do ITAL*, Campinas, 13(3):1-26, 1968.
78. QUAST, D. & KAREL, M. Computer similation of storage life of foods undergoing two interactive mechanisms. *Journal of Food Science*, Chicago, 37(5):679-83, Sep./Oct. 1972.

79. RICHMOND, M.L.; GRAY, J.I. & STINE, C.M. β -Galactosidase. Review of recent research related to technological application, nutritional concerns and immobilization. *Journal of Dairy Science*, Campaign, 64(9):1759-63, Sept. 1981.
80. ROCKLAND, L.B. "Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5° and 40°C". *Analytical Chemistry*, Washington, 32(10):1375-76, 1960.
81. _____ & NISHI, S.K. Influence of water activity on food product quality and stability. *Food Technology*, Chicago, 34(4):42-51, Apr. 1980.
82. ROOS, Y, & KAREL, M. Applying state diagrams to food processing and development. *Food Technology*, Chicago, 45(12):66,68-71, 107, 1991.
83. SALWIN, H. Defining minimum moisture content for dehydrated foods. *Food Technology*, Chicago, 13(10):594-5, Oct. 1959.
84. SAUVAGEOT, F. & BLOND, G. Effect of water activity on crispness of breakfast cereals. *Journal of Texture Studies*, Westport, 22(4):423-42, 1991.

85. SCOTT, W.J. Water relations of food spoilage microorganisms. *Advances in Food Research*, New York, 7:83-27, 1957.
86. SHELF LIFE OF FOODS. *Food Technology*, Chicago, 28(8):45-8, Aug. 1974.
87. SHERMAN, P. Textural characteristics of food emulsions. In: DEMAN, J.M., ed. *Rheology and texture in food quality*, 2 ed. Westport, AVI 1979. Cap.15, p.487-506.
88. SIMATOS, D. & KAREL, M. Characterization of the condition of water in foods: Physico-chemical aspects. In: SEOW, C.C. ed. *Food Preservation by Water Activity*. Amsterdam, Elsevier, 1988. p.1-41.
89. SLADE, L. & LEVINE, H. Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. *Critical Review Food Science Technology*, 0:115-360, 1991.
90. SLOAN, A.E. WALETZKO, P.T & LABUZA, T.P. Effect of order-of-mixing on a_w lowering ability of food humectants. *Journal of Food Science*, Chicago, 41(3):536-40, May/June 1976.

91. SLOAN, A.E. & LABUZA, T.P. Investigating alternative humectantes for use in foods. *Food Product Development*, New York, 9(7):75-88, Sept. 1975.
92. SMITH, G.C.; JUHN, H.; CARPENTER, B.; MATTIL, K.F. & CARTER, C.M. Efficacy of protein additives as emulsion stabilizers in frank-furters. *Journal of Food Science*, Chicago, 42(6):875-8, 1973.
93. TAOUKIS, D.S.; BREENE, W.M. & LABUZA, T.P. Intermediate moisture foods. *Advances in Cereal Science and Technology*, Washington, 9:91-128, 1988.
94. TROLLER, J.A. Food spoilage by microorganisms tolerating low-aw environments. *Food Technology*, Chicago, 33(1):72-5, Jan. 1979.
95. _____. Influence of water activity on microorganisms in foods. *Food Technology*, Chicago, 34(5):76-82, May 1980.
96. _____. Water relations of foodborne bacterial pathogen. An updated review. *Journal of Food Protection*, Ames, 49(8):656-70, Aug. 1986.

97. TROLER, J.A. & STINSON, J.V. Influence of water activity on growth and enterotoxin formation by *Staphylococcus aureus* in foods. *Journal of Food Science*, Chicago, 40(4):802-4, July/Aug. 1975.
98. TUNG, M.A. & JONES, L.J. Microstructure of mayonnaise and salad dressing. *Scanning Electron Microscopy*, Chicago, (3):523-30, July/Sept. 1981.
99. VAAMONDE, G.; CHIRIFE, J. & SCARMATO, G. Inhibition of *Staphylococcus aureus* growth in laboratory media of water activity adjusted with polyethylene glycols. *Journal of Food Science*, Chicago, 49(1):296-7, Jan./Fev. 1984.
100. VERNON CARTER, E.J. & SHERMAN, P. Rheological properties and applications of mesquite tree (*Prosopis juliflora*) gum 2. Rheological properties and stability of O/W emulsions containing mesquite gum. *Journal of Texture Studies*, Westport, 11(4):351-65, 1980.
101. WALSTRA, P.; OORTWIJN, H. & DE GRAAF, J.J. Studies on milk fat dispersion. I Methods for determining, globule-size distribution. *Journal Milk Dairy*, Netherland, 23(1):12-36, 1969.



102. WARMBIER, H.C.; SCHNICKELS, R.A. & LABUZA, T.P. Effect of glycerol on nomenzymatic browning in a solid intermediate moisture model food system. *Journal of Food Science*, Chicago, 41(3):528, May/June 1976.
103. WOODWARD, T.H. Freeze-drying without vacuum. *Food Engineering*, Philadelphia, 36(6):96-7, June 1963.

10. ANEXO

TABELA 4. Dados de remoção de água em amostras de cremes de abacate e peixe com diâmetro de 9.0 cm e espessura de 1.0 cm. Condições de ar de secagem a 10°C e 20% U.R.

| Tempo (horas) | Teor de água (g/100 g sólidos) | |
|---------------|--------------------------------|-------|
| | Abacate | Peixe |
| 0 | 89,75 | 53,84 |
| | 89,73 | 52,44 |
| | 89,74 | 53,14 |
| 6 | 72,69 | 42,82 |
| | 66,96 | 39,41 |
| | 69,83 | 41,11 |
| 12 | 66,63 | 38,21 |
| | 66,21 | 37,40 |
| | 66,42 | 37,80 |
| 22 | 63,19 | 33,99 |
| | 63,47 | 32,61 |
| | 63,33 | 33,30 |
| 32 | 41,68 | 28,73 |
| | 32,73 | 29,42 |
| | 37,20 | 29,07 |
| 42 | 11,22 | 25,53 |
| | 6,70 | 22,66 |
| | 8,96 | 24,09 |

Observações:

1. Em cada tempo o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

** Amostra perdida.

- Não houve crescimento de fungos.

TABELA 5. Dados de atividade de água e dos teores de umidade em amostras de cremes e pastas de peixe com diâmetro de 9.0 cm e espessura de 1.0 cm. Condições de secagem de 10°C e 20% U.R.

| Glicerol, % (p/p) | Creme | Pasta | |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| | Teor de água (g/100 g sólidos) | Atividade de água | Teor de Água (g/100 g sólidos) |
| 0 | 45,46 | 0,70 | 10,03 |
| | 45,45 | 0,65 | 8,45 |
| | 45,45 | 0,67 | 9,25 |
| 5 | 45,56 | 0,51 | 13,44 |
| | 45,16 | 0,48 | 13,06 |
| | 45,41 | 0,49 | 13,25 |
| 10 | 47,60 | 0,45 | 15,67 |
| | 47,50 | 0,40 | 15,60 |
| | 47,55 | 0,42 | 15,63 |
| 15 | 46,84 | 0,24 | 9,97 |
| | 46,17 | 0,29 | 10,52 |
| | 46,51 | 0,26 | 10,24 |
| 20 | 54,55 | 0,27 | 36,22 |
| | 54,06 | 0,21 | 35,80 |
| | 54,29 | 0,24 | 36,00 |

Observação:

1. Em cada porcentagem de glicerol o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

TABELA 6. Dados de relação entre a mudança de teor de água nas amostras de abacate e a correspondente viscosidade aparente das amostras nas condições de ar de secagem a 10°C e 20% U.R. Viscosidade determinada a 22°C e 12 rpm.

| Tempo (Segundo) | Viscosidade * 10 ³ (cps) | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|----------|-------|-------|-------|
| | Teor de água (g/100 g sólidos) | | | | |
| | 63,33 | Manteiga | 66,42 | 69,83 | 89,74 |
| 0 | 26,25 | 17,85 | 11,20 | 6,01 | 5,04 |
| | 26,15 | 17,08 | 10,40 | 5,95 | 3,12 |
| | 26,20 | 17,90 | 10,80 | 6,00 | 4,08 |
| 6 | 21,40 | 17,10 | 10,80 | 6,15 | 3,55 |
| | 21,80 | 17,05 | 9,80 | 6,25 | 4,03 |
| | 21,60 | 17,07 | 10,30 | 6,20 | 3,80 |
| 12 | 24,80 | 16,65 | 9,35 | 6,18 | 3,80 |
| | 25,23 | 16,80 | 9,43 | 6,41 | 3,75 |
| | 25,00 | 16,70 | 9,40 | 6,30 | 3,80 |
| 18 | 25,45 | 17,10 | 10,00 | 7,00 | 3,95 |
| | 26,55 | 17,04 | 10,08 | 6,25 | 3,60 |
| | 26,00 | 17,07 | 10,07 | 6,60 | 3,80 |
| 24 | 26,17 | 15,82 | 10,37 | 6,33 | 3,91 |
| | 26,25 | 15,79 | 10,45 | 6,55 | 3,98 |
| | 26,20 | 15,80 | 10,40 | 6,45 | 3,95 |
| 30 | 25,48 | 15,46 | 7,10 | 6,54 | 3,87 |
| | 25,51 | 15,56 | 6,98 | 6,46 | 3,95 |
| | 25,50 | 15,50 | 7,00 | 6,50 | 3,90 |
| 36 | 22,42 | 15,52 | 9,88 | 4,37 | 3,88 |
| | 23,35 | 15,70 | 10,10 | 4,45 | 4,02 |
| | 22,90 | 15,60 | 10,00 | 4,40 | 3,95 |
| 42 | 25,12 | 15,30 | 6,17 | 6,73 | 3,92 |
| | 25,67 | 15,42 | 6,24 | 6,99 | 3,99 |
| | 25,40 | 15,35 | 6,20 | 6,80 | 3,95 |

Observações:

1. Em cada tempo o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

** Amostra perdida.

- Não houve crescimento de fungos.

TABELA 7. Dados de relação entre a mudança de teor de água nas amostras de abacate e o correspondente grau de "spreading" das amostras nas condições de ar de secagem a 10°C e 20% U.R. "Spreading" determinado a 22°C e 12 rpm.

| Tempo (Segundo) | "Spreading" * 10 ³ (cps) | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|----------|-------|-------|-------|
| | Teor de água (g/100 g sólidos) | | | | |
| | 63,33 | Manteiga | 66,42 | 69,83 | 89,74 |
| 0 | 16,61 | 20,35 | 13,26 | 11,37 | 6,28 |
| | 16,80 | 20,46 | 13,35 | 11,45 | 6,34 |
| | 16,70 | 20,40 | 13,30 | 11,40 | 6,30 |
| 6 | 16,54 | 19,77 | 14,12 | 11,23 | 7,81 |
| | 16,68 | 19,80 | 14,20 | 11,27 | 7,78 |
| | 16,60 | 19,80 | 14,15 | 11,24 | 7,80 |
| 12 | 17,47 | 20,15 | 16,24 | 10,51 | 8,10 |
| | 17,55 | 20,26 | 16,28 | 10,58 | 8,15 |
| | 17,50 | 20,20 | 16,25 | 10,54 | 8,12 |
| 18 | 19,11 | 21,67 | 19,40 | 10,52 | 8,47 |
| | 19,23 | 21,64 | 19,61 | 10,47 | 8,55 |
| | 19,16 | 21,66 | 19,50 | 10,50 | 8,50 |
| 24 | 20,44 | 23,28 | 21,62 | 9,80 | 8,77 |
| | 20,47 | 23,34 | 21,71 | 9,87 | 8,80 |
| | 20,45 | 23,30 | 21,66 | 9,83 | 8,78 |
| 30 | 18,31 | 23,87 | 21,71 | 9,73 | 9,10 |
| | 18,44 | 23,95 | 21,68 | 9,66 | 9,24 |
| | 18,37 | 23,90 | 21,70 | 9,70 | 9,16 |
| 36 | 25,57 | 25,03 | 20,35 | 9,73 | 9,19 |
| | 25,65 | 25,00 | 20,46 | 9,89 | 9,23 |
| | 25,60 | 25,00 | 20,40 | 9,80 | 9,20 |
| 42 | 28,19 | 26,18 | 19,34 | 9,91 | 9,20 |
| | 28,42 | 26,23 | 19,25 | 9,98 | 9,11 |
| | 28,30 | 26,20 | 19,30 | 9,95 | 9,16 |
| 48 | 32,62 | 26,19 | 17,08 | 9,90 | 9,59 |
| | 32,77 | 26,20 | 17,11 | 9,98 | 9,57 |
| | 32,70 | 26,20 | 17,10 | 9,95 | 9,60 |
| 54 | 30,57 | 21,84 | 20,10 | 9,50 | 9,66 |
| | 30,59 | 21,85 | 19,80 | 9,63 | 9,72 |
| | 30,60 | 21,86 | 20,00 | 9,57 | 9,70 |

Observações:

1. Em cada tempo o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

** Amostra perdida.

- Não houve crescimento de fungos.

TABELA 8. Medidas da variação do número de gotículas de gordura nas amostras (transição creme-pasta) de abacate contidas em 0,1 g de amostra, submetidas a secagem a frio.

| Teor de água (g/100 g sólidos) | Número de gotículas de gordura | | | | | | | | | Valor médio |
|--------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| | Repetições | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 89,74 | 90 | 130 | 123 | 108 | 124 | 105 | 116 | 94 | 126 | 112,90 |
| 69,83 | 137 | 136 | 131 | 116 | 118 | 133 | 138 | 141 | 144 | 132,67 |
| 66,42 | 146 | 126 | 163 | 132 | 106 | 150 | 146 | 149 | 130 | 138,67 |
| 63,33 | 180 | 140 | 145 | 165 | 135 | 166 | 138 | 174 | 167 | 156,67 |
| 37,20 | 240 | 221 | 198 | 255 | 272 | 232 | 280 | 289 | 321 | 256,44 |
| 8,96 | 540 | 384 | 464 | 364 | 372 | 408 | 452 | 436 | 356 | 419,56 |

TABELA 9. Medidas da variação do número de gotículas de gordura nas amostras (transição creme-pasta) de peixe contidas em 0,1 g de amostra, submetidas a secagem a frio.

| Teor de água (g/100 g sólidos) | Número de gotículas de gordura | | | | | | | | | Valor médio |
|--------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| | Repetições | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 53,14 | 205 | 190 | 220 | 350 | 305 | 324 | 350 | 370 | 357 | 296,78 |
| 41,11 | 325 | 295 | 315 | 293 | 259 | 282 | 323 | 294 | 242 | 292,00 |
| 37,80 | 190 | 258 | 253 | 228 | 270 | 245 | 230 | 145 | 195 | 223,78 |
| 33,30 | 117 | 180 | 185 | 170 | 235 | 197 | 184 | 192 | 153 | 179,22 |
| 29,07 | 180 | 142 | 138 | 210 | 203 | 186 | 211 | 195 | 205 | 185,56 |
| 24,09 | 163 | 146 | 148 | 130 | 153 | 135 | 160 | 141 | 135 | 145,67 |

TABELA 10. Medidas da variação do diâmetro das gotículas de gordura nas amostras (transição creme-pasta) de abacate contidas em 0,1 g de amostra, submetidas a secagem a frio.

| Teor de água (g/100 g sólidos) | Diâmetro médio * (μm) |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 89,74 | 11,11 |
| 69,83 | 11,09 |
| 66,42 | 12,83 |
| 63,33 | 12,88 |
| 37,20 | 13,43 |
| 8,96 | 12,55 |

* Dados do diâmetro médio obtidos de 280 gotículas de gordura em cada teor de água.

TABELA 11. Medidas da variação do diâmetro das gotículas de gordura nas amostras (transição creme-pasta) de peixe contidas em 0,1 g de amostra, submetidas a secagem a frio.

| Teor de água (g/100 g sólidos) | Diâmetro médio * (μm) |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 53,14 | 9,89 |
| 41,11 | 11,59 |
| 37,80 | 11,94 |
| 33,30 | 12,42 |
| 29,07 | 18,35 |
| 24,09 | 17,55 |

* Dados do diâmetro médio obtidos de 280 gotículas de gordura em cada teor de água.

TABELA 12. Valores de pH nas amostras de cremes e pastas de peixe tratadas com glicerol.

| Glicerol (% p/p) | Creme | Pasta |
|---------------------|-------|-------|
| 0 | 7,09 | 7,12 |
| | 7,15 | 7,07 |
| | 7,12 | 7,10 |
| 5 | 7,19 | 7,04 |
| | 7,31 | 7,06 |
| | 7,25 | 7,05 |
| 10 | 7,18 | 6,89 |
| | 7,19 | 6,97 |
| | 7,18 | 6,93 |
| 15 | 6,98 | 6,91 |
| | 6,99 | 6,93 |
| | 6,98 | 6,92 |
| 20 | 7,16 | 7,04 |
| | 7,17 | 6,99 |
| | 7,16 | 7,05 |

Observações:

1. Em cada porcentagem de glicerol o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

TABELA 13. Valores de pH nas amostras de peixe na forma de pastas após estocadas em diferentes umidades relativas na temperatura de 10°C.

| Glicerol | | Pasta estocada | | |
|----------|-------|----------------|------|------|
| | | U.R.% | | |
| (% p/p) | a_w | 43 | 55 | 90 |
| 0 | 0,67 | 6,87 | 6,87 | 6,84 |
| | | 6,84 | 6,83 | 6,84 |
| | | 6,85 | 6,85 | 6,84 |
| 5 | 0,49 | 6,90 | 6,93 | 6,93 |
| | | 6,91 | 6,91 | 6,93 |
| | | 6,90 | 6,92 | 6,93 |
| 10 | 0,42 | 6,92 | 7,01 | 6,88 |
| | | 7,10 | 7,08 | 6,93 |
| | | 7,01 | 7,04 | 6,90 |
| 15 | 0,26 | 6,96 | 6,91 | 6,82 |
| | | 6,97 | 6,93 | 6,83 |
| | | 6,96 | 6,92 | 6,82 |
| 20 | 0,24 | 6,92 | 6,82 | 6,82 |
| | | 6,86 | 6,95 | 6,96 |
| | | 6,89 | 6,88 | 6,89 |

Observações:

1. Em cada porcentagem de glicerol o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

TABELA 14. Valores de pH nas amostras de peixe na forma de pastas após estocadas em diferentes umidades relativas na temperatura de 22°C.

| Glicerol (% p/p) | a_w | Pasta estocada U.R.% | | |
|---------------------|-------|-------------------------|------|------|
| | | 43 | 55 | 90 |
| 0 | 0,67 | 6,69 | 6,90 | 6,87 |
| | | 6,81 | 6,93 | 6,90 |
| | | 6,75 | 6,91 | 6,88 |
| 5 | 0,49 | 6,85 | 6,89 | 6,92 |
| | | 6,88 | 6,91 | 6,91 |
| | | 6,86 | 6,90 | 6,91 |
| 10 | 0,42 | 6,90 | 6,86 | 6,94 |
| | | 6,70 | 6,90 | 6,89 |
| | | 6,80 | 6,88 | 6,91 |
| 15 | 0,26 | 6,81 | 6,81 | 6,72 |
| | | 6,83 | 6,83 | 6,94 |
| | | 6,82 | 6,82 | 6,83 |
| 20 | 0,24 | 6,87 | 6,80 | ** |
| | | 6,83 | 6,80 | ** |
| | | 6,85 | 6,80 | 6,89 |

Observações:

1. Em cada tempo o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

** Amostra perdida.

- Não houve crescimento de fungos.

TABELA 15. Crescimento microbiano em cremes e pastas de peixe, obtidos por secagem a frio.

| aw | Contagem microbiana (UFC/g) | |
|------|-----------------------------|-------------------|
| | Creme | Pasta |
| 0,67 | $1,0 \times 10^1$ | $1,0 \times 10^1$ |
| | $7,0 \times 10^1$ | $2,0 \times 10^1$ |
| | $4,0 \times 10^1$ | $1,5 \times 10^1$ |
| 0,49 | $2,0 \times 10^1$ | $1,0 \times 10^1$ |
| | $1,0 \times 10^1$ | - |
| | $1,5 \times 10^1$ | $1,0 \times 10^1$ |
| 0,42 | - | $2,0 \times 10^1$ |
| | - | - |
| | - | $2,0 \times 10^1$ |
| 0,26 | $2,0 \times 10^1$ | $1,0 \times 10^1$ |
| | $2,0 \times 10^1$ | $1,0 \times 10^1$ |
| | $2,0 \times 10^1$ | $1,0 \times 10^1$ |
| 0,24 | - | $2,0 \times 10^1$ |
| | - | $2,0 \times 10^1$ |
| | - | $2,0 \times 10^1$ |

Observações:

1. Em cada tempo o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

** Amostra perdida.

- Não houve crescimento de fungos.

TABELA 16. Crescimento microbiano em cremes e pastas de peixe, obtidos por secagem a frio, condicionadas a 10°C e umidades relativas de 43%, 55% e 90%. Após um período de armazenamento.

| aw | Contagem microbiana (UFC/g) | | |
|------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | U.R. % | | |
| | 43 | 55 | 90 |
| 0,67 | - | - | 4,8 × 10 ⁵ |
| | - | - | - |
| | - | - | 4,8 × 10 ⁶ |
| 0,49 | - | 1,0 × 10 ² | 1,0 × 10 ⁵ |
| | - | 3,0 × 10 ² | 1,2 × 10 ⁵ |
| | - | 2,0 × 10 ² | 1,1 × 10 ⁵ |
| 0,42 | 1,0 × 10 ² | - | 4,2 × 10 ¹ |
| | 1,0 × 10 ² | - | 5,3 × 10 ¹ |
| | 1,0 × 10 ² | - | 4,7 × 10 ¹ |
| 0,26 | 4,7 × 10 ² | - | 1,0 × 10 ¹ |
| | - | - | - |
| | 4,7 × 10 ² | - | 1,0 × 10 ¹ |
| 0,24 | 2,2 × 10 ² | 4,0 × 10 ¹ | 4,0 × 10 ¹ |
| | - | - | - |
| | - | - | - |

Observações:

1. Em cada tempo o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

** Amostra perdida.

- Não houve crescimento de fungos.

TABELA 17. Crescimento microbiano em cremes e pastas de peixe, obtidos por secagem a frio, condicionadas a 22°C e umidades relativas de 43%, 55% e 90%. Após um período de armazenamento.

| aw | Contagem microbiana (UFC/g) | | |
|------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| | U.R. % | | |
| | 43 | 55 | 90 |
| 0,67 | 1,0 × 10 ⁷ | 1,0 × 10 ⁷ | 1,0 × 10 ⁷ |
| | - | - | - |
| 0,49 | 1,0 × 10 ⁷ | 1,0 × 10 ⁷ | 1,0 × 10 ⁷ |
| | 1,0 × 10 ⁵ | 3,0 × 10 ⁵ | 1,0 × 10 ⁵ |
| 0,42 | 1,0 × 10 ⁵ | 3,0 × 10 ⁵ | 1,0 × 10 ⁵ |
| | 1,0 × 10 ³ | 6,0 × 10 ⁴ | 2,0 × 10 ⁴ |
| 0,26 | - | 9,0 × 10 ⁴ | 2,0 × 10 ⁴ |
| | 1,0 × 10 ³ | 7,5 × 10 ⁴ | 2,0 × 10 ⁴ |
| 0,24 | - | - | 1,1 × 10 ⁵ |
| | - | - | 1,1 × 10 ⁵ |
| 0,24 | - | - | 1,1 × 10 ⁵ |
| | 1,0 × 10 ¹ | 3,0 × 10 ¹ | 8,6 × 10 ³ |
| 0,24 | - | 3,0 × 10 ¹ | 11,1 × 10 ³ |
| | 1,0 × 10 ¹ | 3,0 × 10 ¹ | 9,8 × 10 ³ |

Observações:

1. Em cada tempo o 3º valor é a média dos dois experimentos cujos resultados estão acima.

** Amostra perdida.

- Não houve crescimento de fungos.

TABELA 18. Dados de período de armazenamento, em dias, de pastas de peixe condicionadas a 10° e 22°C e umidades relativas de 43%, 55% e 90%.

| U.R. % | Temperatura (°C) | Atividade de água | | | | |
|--------|------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | | 0,24 | 0,26 | 0,42 | 0,49 | 0,67 |
| 43 | 10 | 60 | 60 | 60 | 22 | 9 |
| | 22 | 60 | 60 | 8 | 15 | 4 |
| 55 | 10 | 60 | 60 | 60 | 22 | 9 |
| | 22 | 60 | 60 | 8 | 15 | 4 |
| 90 | 10 | 13 | 60 | 27 | 19 | 9 |
| | 22 | 13 | 33 | 9 | 15 | 4 |