

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DESIDRATAÇÃO POR CAMADA DE ESPUMA ("FOAM MAT")
DE SUCO DE TOMATE**

Mirtha Uboldi

Orientador: Prof. Othílio Guernelli

**Tese apresentada à
Faculdade de Tecnologia de Alimentos
da Universidade Estadual de Campinas,
para obtenção do título de
Mestre em Ciência de Alimentos**

1971

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

T-02

C O N T E Ú D O

RESUMO	1
SUMMARY	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1. Preparação da espuma	9
3.2. Secagem da espuma	13
3.3. Reconstituição	14
3.4. Análise Sensorial	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Preparação de espuma e estudo da estabilidade ...	16
4.2. Secagem	25
4.3. Reconstituição da massa de tomate desidratada ...	29
4.4. Análise Sensorial	30
5. CONCLUSÕES	31
6. BIBLIOGRAFIA	33

Composto e Impresso na
Seção de Divulgação do
Instituto de Tecnologia de Alimentos

AGRADECIMENTOS

t

A autora deseja expressar sua gratidão ao Dr. Otphilio Guernelli, orientador desta tese; à Organização dos Estados Americanos (O.E.A.), e à Faculdade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, representada por seu Diretor, Dr. André Tosello, pela oportunidade de apresentá-la; e ao Instituto de Tecnologia de Alimentos, na pessoa de seu Diretor-Geral, Dr. Ágide Gorgatti Netto, pela cessão de suas instalações e equipamentos para que o referido trabalho pudesse ser levado a efeito.

Deseja, ainda, agradecer ao Dr. Zeno José De Martin, por tóda a atenção e ajuda desinteressadamente dispensadas durante o desenvolvimento dos trabalhos.

O agradecimento é extensivo à Seção de Divulgação do ITAL, pela revisão do texto e impressão da obra, e aos técnicos dêsse Instituto que, direta ou indiretamente, prestaram sua colaboração.

R E S U M O

Massa de tomate desidratada foi produzida pelo método de secagem em camada de espuma.

O processo constituiu-se das seguintes etapas:

1. Conversão de uma massa de tomate de 22° Brix, em espuma estável, mediante adição de um agente emulsionante na menor quantidade possível.

2. A espuma, estendida em camada delgada, foi secada em corrente de ar quente.

3. A massa porosa desidratada foi desintegrada para dar finas escamas ou flocos.

Para a produção de espuma estável, ensaiaram-se distintos emulsionantes e concentrações, e usou-se uma batedeira do tipo "Kitchen Aid" modelo K-5A, funcionando a 150 r.p.m.

Os emulsionantes testados foram: proteinato de sódio, carboximetilcelulose, monoestearato de glicerila e suas misturas em diferentes proporções.

Em relação à secagem foram estudados diferentes temperaturas e tempos.

A intensidade do tratamento térmico foi estudada adicionando-se uma substância lábil ao calor e à oxidação, como é o ácido ascórbico.

Estudou-se, também, a perda de umidade a diferentes temperaturas e tempos.

As melhores condições encontradas para a preparação da massa desidratada, foram: monoestearato de glicerila na proporção de 1,5% em relação aos sólidos totais do concentrado; secagem em camada de 3 mm, em secador "Proctor and Schwartz", a 60°C e durante uma hora.

O produto final, com um conteúdo de umidade de 2,5%, reconstituiu-se facilmente em massa de tomate, por adição de água fria.

A referida massa de tomate foi submetida a um teste de degustação triangular modificado e diferiu do padrão ao nível de 0,1%.

S U M M A R Y

Dehydrated tomato paste was produced by foam-mat drying.

The process involved the following steps:

1. Transformation of a 22° Brix tomato paste, into stable foam, by adding the smallest possible quantity of emulsifying agents.

2. The foam spread in the form of a thin layer was dehydrated in a current of hot air.

3. The dried porous mass, was desintegrated to yield thin flakes.

To produce a stable foam, different emulsifying agents and concentrations were tested.

A Kitchen Aid model K-5A mixer, operating at 150 r.p.m. was employed.

Different conditions of time and temperature for drying were studied.

The intensity of the thermal treatment was studied by the behaviour of a heat sensitive and oxidable substance like ascorbic acid.

Loss of moisture at different times and temperatures was studied.

The best conditions found to produce high quality tomato powder were:

addition of glyceryl monostearate at the amount of 1,5% to the total solids of the concentrate;

one hour drying at 60°C, 3 mm thick layer in a "Proctor and Schwartz"drier.

The final product with a moisture content of 2,5% has been reconstituted easily by addition of cold water into the tomato paste.

The tomato paste was submitted to a sensory modified triangular test, and it was found to deviate from the original paste by an order of 0,1%.

1. INTRODUÇÃO

A cada dia maiores são as demandas domésticas por alimentos mais econômicos, fáceis e rápidos de preparar. Por isso, nos últimos anos, também tem-se dado atenção ao preparo de alimentos concentrados, parcial ou totalmente desidratados. Tais alimentos permitem uma considerável redução nos custos de embalagem, transporte e armazenamento e, freqüentemente, oferecem grande conveniência no seu uso.

Para satisfazer a essas procuras, têm sido desenvolvidos diferentes processos tecnológicos.

Não apenas a qualidade inicial dos produtos deve ser boa, mas, também, essa qualidade deve ser razoavelmente estável durante o armazenamento (7).

Já há vários anos existem no mercado de alguns países, produtos em pó, desidratados, tais como sopas, cremes, ovos, sucos de frutas, tomate, etc. Desde o ano de 1950, já eram conhecidos métodos para produzir tomate em pó (19). Esses métodos tem sido, conforme citados por HENIG e MANNHEIM (19); secagem a vácuo (KAUFMAN e colaboradores, 1950); secagem por aspersão (LAZAR e colaboradores, 1956); secagem por torre (LANG em 1964); e secagem por congelamento (HAMED e FODA, 1966).

A partir de 1959, MORGAN e colaboradores mostraram outros caminhos para a produção de tomate em pó e outros alimentos desidratados, obtendo produtos que se reconstituíam bem, livres de odores e de sabores desagradáveis e a um custo comparável ou menor que aqueles dos métodos anteriormente mencionados.

O processo de secagem em camada de espuma foi desenvolvido pela primeira vez em 1959, por ARTHUR MORGAN Jr. e colaboradores, na "Western Utilization Research and Development Division" do "U.S. Department of Agriculture", em Albany, Califórnia. Verificou-se que o processo de secagem em camada de espuma podia ser aplicado com vantagem na produção de distintos materiais desidratados, já que remove umidade de materiais sensíveis sob condições suaves.

Por êsse processo têm sido secados com êxito, café, sucos de la ranja, grapefruit e tomate.

O processo tem sido aplicado extensivamente em citrus e, em especial, em sucos de laranja.

O processo de secagem em camada de espuma consiste, fundamental mente, de três etapas:

- 1.1. Produção de espuma estável;
- 1.2. Secagem da espuma em forma de capa delgada;
- 1.3. Desintegração da massa sêca em escamas ou pó.

A formação de espuma é conseguida adicionando-se uma quantidade apropriada de um agente tensoativo e, algumas vêzes, injetando-se ar ou gases não tóxicos, como N_2 , CO_2 , etc., e misturando-se em um aparelho apropriado.

A espuma oferece, portanto, uma grande superfície e é estendida em camada delgada. Exposta a uma corrente de ar quente, seca-se fácilmen te devido a um movimento da umidade por fôrças de capilaridade, através de películas líquidas que separam as bôlhas de espuma.

Durante a secagem, a espuma mantém seu volume e dá uma massa po rosa que pode ser facilmente quebrada, para dar finas escamas. Essas escamas resultantes, podem ser moídas em pó fino.

Por adição de água fria e agitação por alguns segundos, recons tituem-se sucos de frutas ou massas de distintos alimentos.

Portanto, de pós desidratados de alta qualidade e boa estabilidade de armazenamento, que não requerem condições de refrigeração para o uso normal, oferece grandes possibilidades comerciais.

A respeito do tomate em pó, pode-se dizer, também, que há um mercado potencial para êle, com o advento das sopas dessecadas e salsas para pastas.

Nos mercados dos Estados Unidos da América do Norte e do Canadá, já se encontra um certo número de tais produtos contendo tomate em pó.

Contudo, deve-se apontar que no mercado dos países latino-americanos, ainda não se encontra tomate em pó.

Promissoras aplicações do método "secagem em camada de espuma", incluem: laranja, tomate, batatas, alimentos para crianças, leites, purês de abricó, ameixa, maçã, café e outros produtos instantâneos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de secagem em camada de espuma, foi desenvolvido pela primeira vez em 1959 (22) e, logo em seguida, apareceu uma série de novas patentes, nas quais o processo se aplica a alimentos básicos (9, 13, 14, 15, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30). No ano de 1962, prosseguem as aplicações do processo de secagem em camada de espuma em alimentos (21) e patenteiam-se equipamentos (32).

No mesmo ano, foram estudadas diferentes espumas para o processo de secagem em camada de espuma (17) (10).

O método para secagem em camada de espuma requer a obtenção de espumas leves e estáveis. A formação de espuma contendo sólidos, pode ser facilitada por: aumento da quantidade de sólidos solúveis, adição de aditivos, ou por aumento da consistência. Muitas espumas, apesar de sua boa aparência, falharam quanto a sua estabilidade às temperaturas de secagem. Como agentes emulsionantes foram empregados: proteinato de sódio e o monoestearato de glicerila.

Em 1965, realizaram-se estudos para a produção de sucos de grapefruit pelo método de secagem em camada de espuma (5).

No mesmo ano, prosseguiram os estudos sobre espumas de sucos de laranja e de grapefruit, preparados sob diferentes condições, avaliando-se a sua estabilidade (6). Usou-se, como emulsionantes, monoestearato de glicerila e proteinato de sódio.

Ainda, nesse ano, prosseguiram-se os trabalhos referentes à secagem em camada de espuma de frutas cítricas (16), tendo sido obtidos pós com um teor final de umidade de 3%.

- Essa umidade foi considerada suficientemente baixa, a ponto de evitar o uso de dessecantes em suas embalagens.

- A densidade dos pós foi aumentada por moagem entre roletes.

Em 1966, BERRY e colaboradores, realizaram estudos sobre estabilidade do pó de grapefruit produzido pelo processo de secagem em camada de espuma (7).

Compararam-se pós desidratados sob diferentes condições de temperatura e tempo. As comparações foram feitas quanto às respectivas condições de armazenamento.

Nesse mesmo ano, LA BELLE fêz um estudo sôbre caracterização de espumas para secagem em camada de espuma (20).

Em 1967, BERRY e colaboradores estudaram as condições para a produção de cristais de grapefruit pelo processo de secagem em camada de espuma (8).

Nesse mesmo ano, GEE e colaboradores estudaram as mudanças nos aminoácidos livres em pós produzidos pela secagem em camada de espuma (11). Encontraram um aumento dos aminoácidos, verificando-se que êsse aumento era independente da temperatura de armazenamento e, provâvelmente, causado por reações proteolíticas.

Em 1969, patenteiam-se novos equipamentos para a produção de alimentos pelo processo em camada de espuma (31).

Ainda em 1969, GEE e colaboradores estudaram a estabilidade do pó de laranja (12), investigando as variações de composição durante a produção e armazenamento dos pós. Verificaram que o produto era sensível ao calor, o qual parecia acelerar as reações de deterioração, por empardecimento não enzimico.

Em 1968, o processo de secagem em camada de espuma é aplicado a bananas (33).

Se bem que a literatura científica apresente alguns trabalhos relacionados com a desidratação de frutas (inclusive tomate), pelo processo de secagem em camada de espuma e suas variantes, tais trabalhos, de recente elaboração, não revelam as características intrínsecas dos processos, já que êstes estão protegidos por patentes.

Na América Latina, onde os problemas de distribuição dos alimentos são, certamente, maiores do que os de produção, e onde os alimentos de longa duração comercial têm que ter custos reduzidos, a desidratação moderna parece não ter tido ainda a oportunidade que merece.

Procurou-se, pois, com base nos trabalhos examinados, reproduzir as condições experimentais, que, a nosso critério, levariam a produtos de tomate em pó, pelo processo de secagem em camada de espuma.

Numa tentativa para determinar as melhores condições de aplicação do método para os países em desenvolvimento, principalmente para produtos de tomate, chegamos a algumas conclusões experimentais que justificam um exame detalhado do processamento para sua indicação industrial.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a preparação de tomate desidratado pelo processo de secagem em camada de espuma, partiu-se de uma massa de tomate de 22° Brix, fabricada no ITAL, a partir da variedade Santa Cruz. Usou-se uma massa de tomate de 22° Brix, porque esta já se encontrava preparada. Contudo, a concentração em sólidos solúveis do concentrado poderia ter sido diferente.

Deve-se destacar que o produto final depende da matéria-prima e, portanto, da variedade de tomate, época do ano, condições do solo e lugar de cultivo, entre outros fatores, os quais influem sobre a quantidade de sólidos solúveis, a acidez, o conteúdo de pectinas, etc.

3.1. PREPARAÇÃO DA ESPUMA

Foram estudados diferentes emulsionantes, limitando-se o estudo a aquêles que haviam atuado mais satisfatoriamente em prévias investigações (6, 26). Esses emulsionantes foram: proteína isolada de soja, sob a forma de proteinato de sódio, produzido por uma firma comercial brasileira; carboximetilcelulose sódica (C.M.C.), de viscosidade 1.500-2.000 ^{centipoise}, pureza 96-97% e grau de substituição 0,50; monoestearato de glicerila, contendo 40-50% de monoestearato de glicerila, de índice de iodo 3, ponto de fusão 55-57°C e acidez em ácido mirístico livre de 0,83%; e suas misturas em diferentes proporções.

3.1.1. Proteinato de sódio

Em uma batedeira do tipo "Kitchen Aid", modelo K-5A, funcionando a 150 r.p.m., foram misturadas massa de tomate e proteinato de sódio em proporção de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% em relação aos sólidos totais do concentrado.

Em todos os casos, o proteinato de sódio foi adicionado como solução aquosa a 10%.

Para as concentrações de 0,1, 1,0 e 1,5%, não se observou a formação de espuma.

No caso da concentração de 2,0%, houve muito pouca espuma, tendo o produto resultante uma densidade de 0,97.

3.1.2. Carboximetilcelulose

Adicionou-se à massa de tomate em uma proporção de 0,5, 0,75, 1,0 e 1,5% em relação aos sólidos totais.

Em nenhum caso observou-se a formação de espuma, embora o tempo de batimento fôsse prolongado por tempo dilatado, como por exemplo, 30 minutos.

3.1.3. Proteinato de sódio e C.M.C.

Estudou-se a mistura de um emulsionante e um estabilizante em diferentes proporções, como 1:1, 2:1 e 1:2, não se conseguindo, tampouco, a formação de espuma.

3.1.4. Monoestearato de glicerila

Foi ensaiado em proporções de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% em relação aos sólidos totais do concentrado.

Com as concentrações de 0,5 e 1,0 obteve-se pouca formação de espuma, como demonstrado pela densidade do produto final, que foi de 0,90.

Com concentrações de M.E.G. de 1,5 e 2,0%, foram obtidas espumas com densidades de 0,57 e 0,50, respectivamente.

3.1.4.1. Espuma com M.E.G. em proporção de 1,5%

Em batedeira "Kitchen Aid" modelo K-5A foi batido 1 kg de massa de tomate de 22° Brix, com M.E.G. na proporção de 1,5% em relação aos sólidos totais do concentrado.

O M.E.G. foi adicionado em forma de uma emulsão cremosa a 10%, preparada por dissolução do M.E.G. em água destilada aquecida a 76°C.

A velocidade de batimento foi de 150 r.p.m. Observou-se imediata formação de espuma.

O tempo de batimento foi de 5 minutos, com a temperatura final da espuma sendo de 18°C e a densidade de 0,57, determinada por comparação em um cilindro graduado. O concentrado dobrou, praticamente, seu volume.

A espuma resultante era de cor rosada muito pálida, com aspecto semelhante ao da clara de ovo batida em ponto de neve.

Uma amostra de espuma foi colocada em placa de Petri para observação visual de sua estabilidade em função de tempo e temperatura.

Outra parte foi observada ao microscópio, fotografando-se e medindo-se os diâmetros das bolhas.

3.1.4.2. Espuma com M.E.G. em proporção de 2,0%

Procedeu-se como no caso anterior.

A formação de espuma foi imediata. O tempo de batimento foi de 5 minutos, a temperatura final da espuma sendo de 18°C e a densidade de 0,50.

Observou-se, também, um aumento em dobro do volume inicial do concentrado.

Estudou-se, também, a estabilidade, executando-se observações microscópicas, fotográficas e medições do tamanho das bolhas.

3.1.5. Monoestearato de glicerila e proteinato de sódio

Numa tentativa para reduzir ao mínimo a proporção de emulsionante, ensaiaram-se misturas de M.E.G. e proteinato de sódio.

O M.E.G. foi adicionado em forma de uma emulsão cremosa a 10%, e a proteína de soja em solução aquosa a 10%.

A velocidade de batimento foi de 150 r.p.m. e o tempo máximo para produção de espuma foi estabelecido em 5 minutos.

Foram ensaiadas as seguintes proporções:

M.E.G. + proteína de soja de 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8 e 1:9.

No primeiro caso, obteve-se uma espuma muito pobre, com densidade de 0,87.

No segundo e terceiro casos, as espumas mostraram a densidade de 0,86 e, no último, de 0,90, respectivamente.

A partir da proporção (5:5) não se observou a formação de espuma.

3.1.6. Injeção de ar

Ensaiou-se batimento da massa de tomate sem emulsificante, apenas com injeção de ar comprimido e à pressão de 0,5 kg/cm².

Não se obteve espuma.

3.1.7. Monoestearato de glicerila e injeção de ar

Espumas com M.E.G. na proporção de 1,5 e 2,0% não melhoraram por injeção de ar comprimido durante o batimento, à pressão de 0,5 kg/cm².

3.1.8. Monoestearato de glicerila e carboximetilcelulose

Ensaiou-se a preparação de espuma com M.E.G. e C.M.C. em proporção de 1:0,1.

Obteve-se um produto de densidade 0,81.

De todos os ensaios realizados, concluiu-se que as melhores espumas eram as preparadas com M.E.G. a 1,5 e 2,0%.

Para a continuação do trabalho, elegeu-se a espuma preparada com M.E.G. a 1,5%.

A côr do produto foi determinada antes de se produzir a espuma, por intermédio de disco de Munssell.

Fizeram-se ensaios para verificar a velocidade de formação da espuma em função da r.p.m.

Estudou-se, também, para uma velocidade de agitação constante, a variação do tamanho das bôlhas na espuma e a variação da densidade da espuma em função do tempo de agitação.

3.2. SECAGEM DA ESPUMA

Uma vez preparada a espuma, ela foi estendida em uma camada uniforme de 3 mm de espessura, sôbre bandejas de madeira com fundo de malha de "nylon".

O produto foi submetido à desidratação em corrente de ar quente, em secador "Proctor & Schwartz".

As temperaturas de desidratação ensaiadas foram: 40, 50, 60, 70 e 80°C, e os tempos variaram de 1 a 4 horas. Essas temperaturas são as correspondentes ao ar sêco.

O produto final foi obtido quebrando-se a massa porosa desidratada e separando-a na bandeja.

Obtiveram-se, assim, escamas que foram guardadas em frascos secos, fechados e mantidos ao abrigo da luz.

Não foi possível obter o produto em forma de pó prôpriamente dito, visto que sendo êle altamente higroscópico, seria necessário, para moê-lo, um ambiente de ar condicionado, o qual não era disponível.

Determinou-se o conteúdo de umidade no produto sêco a diferentes temperaturas e tempos.

Paralelamente, fizeram-se estudos acêrca do possível dano causado ao produto durante o tratamento térmico e também devido à incorporação de ar durante a secagem e o batimento. Adicionou-se à massa de tomate inicial, uma quantidade conhecida de vitamina C (10,0 ml de uma solução padrão a 1% de ácido ascórbico), por esta ser uma substância sensível ao calor e à oxidação.

Em seguida, foram determinados os níveis de vitamina C no produto final, sêco a diferentes temperaturas e tempos pelo método de redução do 2-6 diclorofenolindofenol (3).

Com a intenção de reduzir os tempos de secagem, adicionou-se a algumas espumas, amido de milho na proporção de 0,5%. Usou-se amido porque êste, por sua própria natureza, tende a absorver água e, assim, esta seria retirada mais facilmente da película interfacial das bôlhas, acelerando a secagem.

3.3. RECONSTITUIÇÃO

A massa de tomate foi reconstituída misturando-se pó e água na proporção de 1:3. Obteve-se, assim, uma massa de tomate de 22°Brix. Por adição de quantidades maiores de água, pôde-se obter sucos de tomate a 15 ou a 5° Brix.

A reconstituição foi rápida por adição de água fria e agitação durante alguns segundos. Não se observou formação de espuma durante a reconstituição.

No produto reconstituído determinou-se a côr, usando-se o disco de Munssell.

3.4. ANÁLISE SENSORIAL

As amostras de massa de tomate reconstituída a partir do pó, foram comparadas com a massa de tomate original, a qual se tomou como padrão.

As amostras foram apresentadas à equipe de degustação formada por nove provadores. Tais amostras foram apresentadas durante três sessões. Em cada uma delas, o provador recebia duas séries de três amostras cada uma. De cada conjunto de três amostras, uma era sempre diferente.

O método aplicado foi o da diferença triangular modificado (1, 2, 18).

Em experiências prévias e utilizando-se soluções quimicamente puras, foram selecionados provadores para distinguir sabores básicos: amargo, salgado, doce e ácido.

Os nove provadores componentes da equipe, pertenciam ao grupo que demonstrou maior sensibilidade à percepção de sabor ácido, já que a massa de tomate é um produto ácido (pH 4,5).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PREPARAÇÃO DE ESPUMA E ESTUDO DA ESTABILIDADE

As espumas têm sido submetidas a investigações exaustivas, não só porque ilustram elas certos fenômenos fundamentais, como a tensão superficial e o papel dos agentes tensoativos, como também porque têm aplicações no preparo de produtos alimentícios, tais como no processo de secagem que aqui é investigado, na elaboração da margarina, maioneses, etc.

Neste caso especial, é necessário considerar as espumas "densas", que são realmente emulsões de gás em forma de bôlhas esféricas em uma fase líquida contínua ou fase sólido-líquido.

Tal dispersão deve apresentar uma certa garantia de estabilidade, apesar de que se deve admitir uma possível evolução até a separação das fases.

A instabilidade das emulsões é uma consequência lógica da dimensão das partículas, que é sensivelmente maior do que a que se verifica nos demais sistemas dispersos (soluções moleculares e iônicas) e, portanto, sujeitas à ação da gravidade.

Geralmente, tôdas as emulsões tendem a destruir-se com o tempo, por separação de suas fases constitutivas.

Quando a fase interna (como no caso do processo de camada de espuma) é menos densa que a externa, as partículas tendem a subir e concentrar-se na superfície. Em caso contrário, produz-se sedimentação.

Êsses fenômenos acarretam variações de consistência do meio, ainda que não pressuponha uma quebra imediata da emulsão, o que se dará com o tempo, e que vai favorecer a aproximação mútua dos glôbulos, unindo-os entre si, com a consequente diminuição do grau de dispersão.

Em muitos casos, a observação visual das amostras já indica a instabilidade.

Esta ocorre nas emulsões pouco estáveis, nas quais se aprecia o grau de separação das fases a simples vista. Porém, no caso das emulsões relativamente estáveis, sem separação aparente em um período de tempo moderado (como é o caso das espumas para secagem em camada), o estudo da estabilidade deve-se basear na medida das dimensões das partículas e na densidade da emulsão.

Esse é o motivo pelo qual se recorreu à microscopia direta para determinação do tamanho das bôlhas.

Nas espumas com M.E.G. em proporção de 1,5%, as dimensões das bôlhas foi pouco uniforme, variando os seus diâmetros entre 1,4 e 17,1 μ .

As bôlhas apresentam-se esféricas, com tamanho predominante de 4,2 μ de diâmetro.

O aspecto dessa espuma está ilustrado pelas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

A espuma foi fotografada a intervalos de 1 hora, durante várias horas, não se observando variação apreciável nas dimensões e na disposição das bôlhas. Não se observou, tampouco, separação de líquido durante esse tempo, mantendo a emulsão seu aspecto inalterado mesmo no final de 24 horas.

A espuma com M.E.G. em proporção de 2,0% mostrou-se menos uniforme no exame microscópico, do que aquela preparada com concentração de M.E.G. de 1,5%, variando os diâmetros das bôlhas entre 1,4 e 21,4 μ .

A observação pelo espaço de 5 horas não revelou modificações apreciáveis na forma, tamanho e disposição das bôlhas. O aspecto das espumas está ilustrado nas Figuras 8, 9, 10 e 11.

Não se observou separação de líquido e o aspecto se manteve inalterado durante as 24 horas seguintes.

As espumas com M.E.G. e injeção de ar à pressão de 0,5 kg/cm², não foram melhores do que aquelas sem injeção de ar.

Provavelmente, isso foi devido ao fato de não se dispor de uma bateadeira fechada.

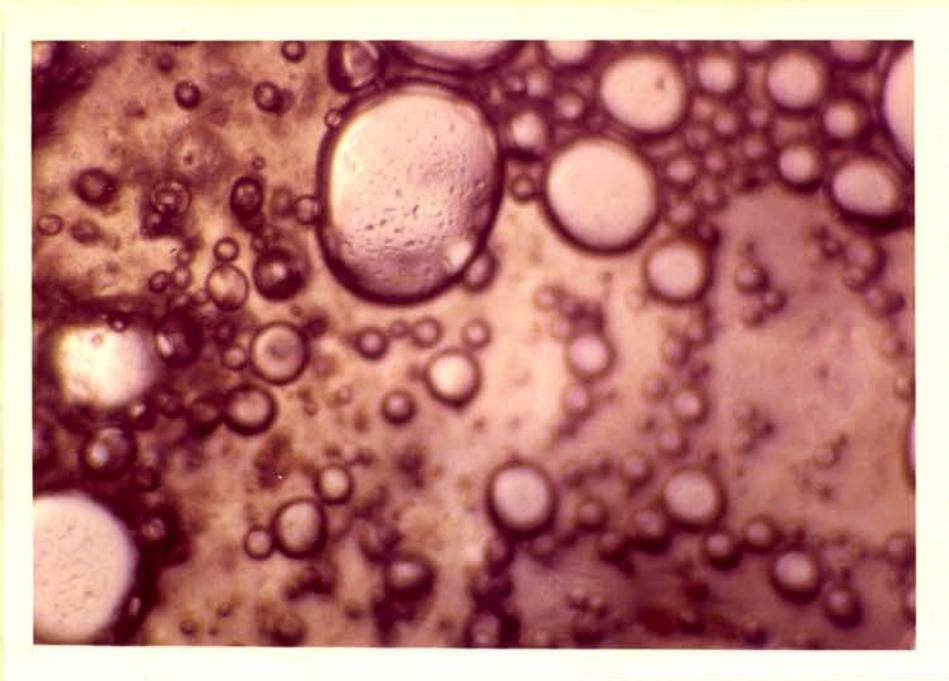


Figura 1. Espuma obtida com M.E.G. a 1,5% depois de uma hora de preparada.

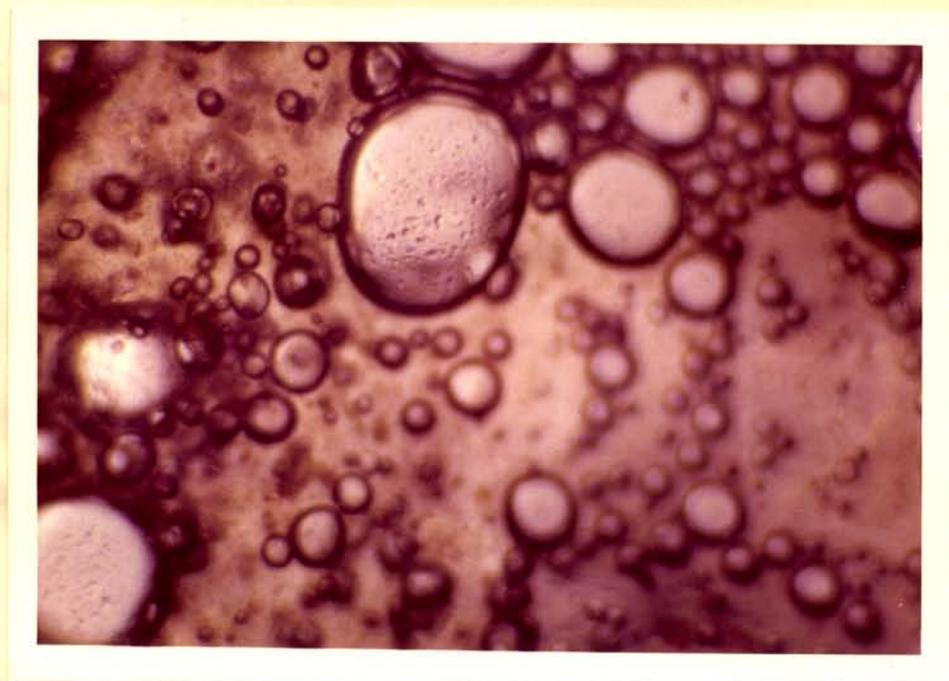


Figura 2. Espuma obtida com M.E.G. a 1,5% depois de 2 horas de preparada.

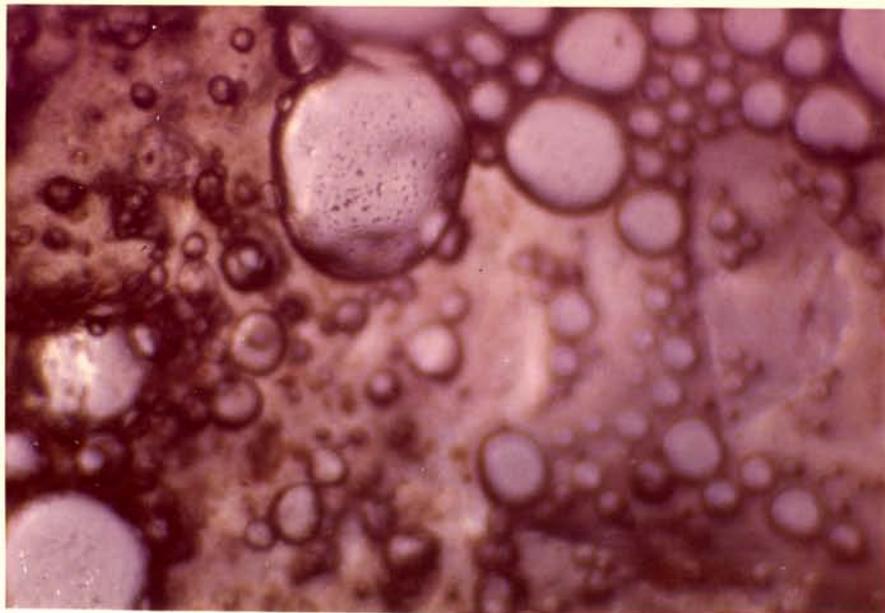


Figura 3. Espuma obtida com M.E.G. a 1,5% depois de 3 horas de preparada.

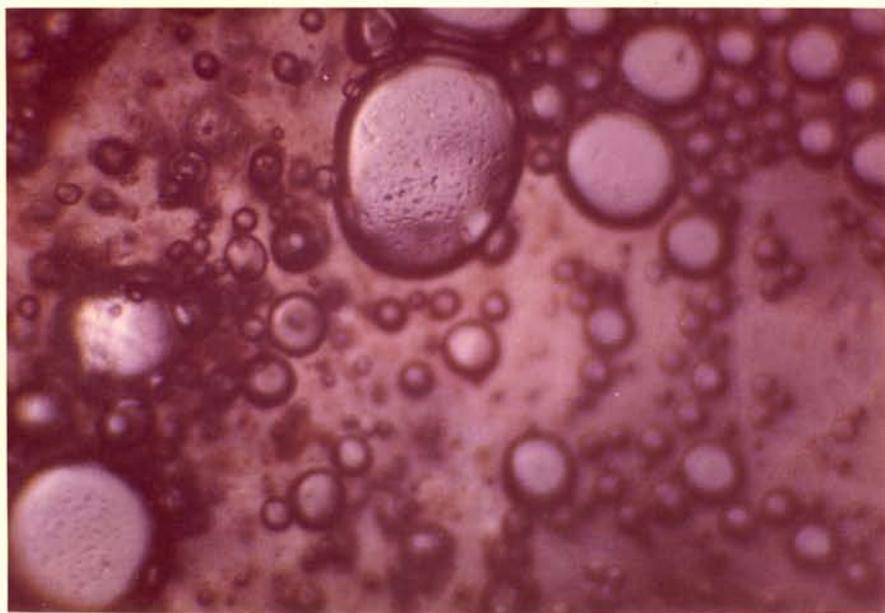


Figura 4. Espuma obtida com M.E.G. a 1,5% depois de 4 horas de preparada.

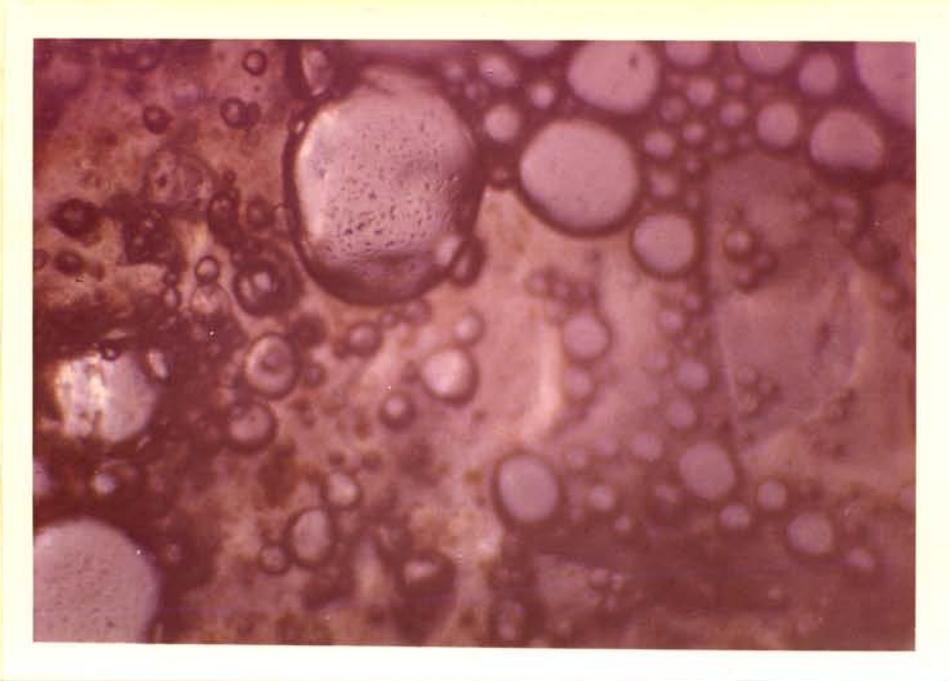


Figura 5. Espuma obtida com M.E.G. a 1,5% depois de 5 horas de preparada.

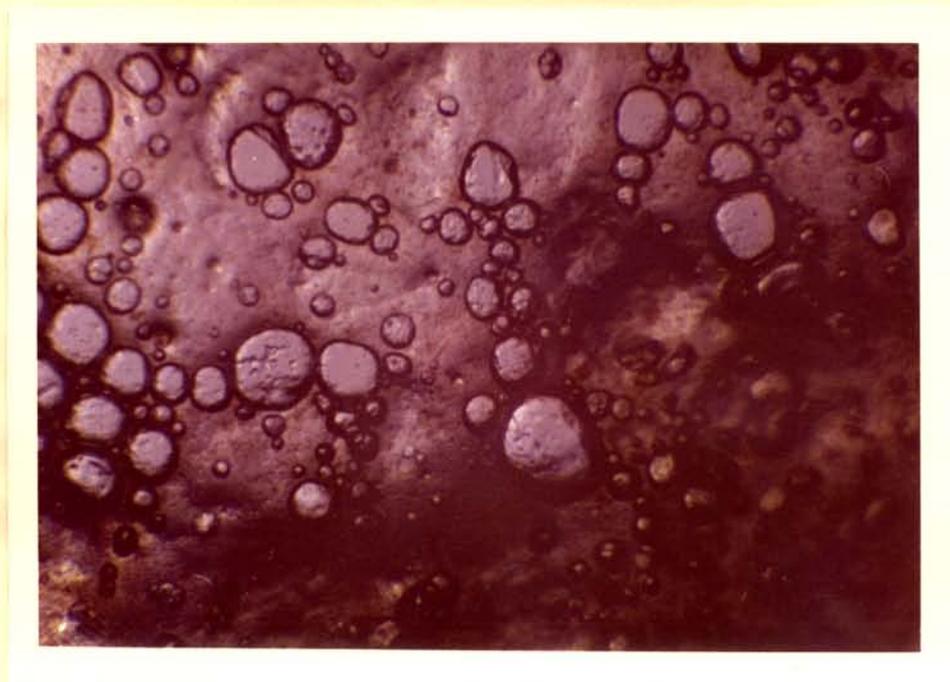


Figura 6. Outra espuma preparada com M.E.G. a 1,5%.

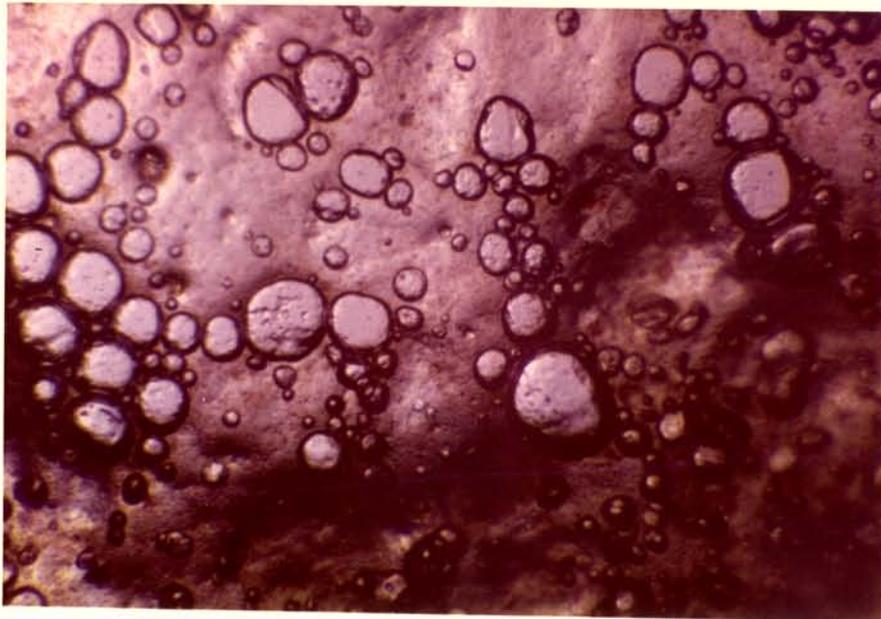


Figura 7. Espuma obtida com M.E.G. a 1,5% depois de 2 horas de preparada.

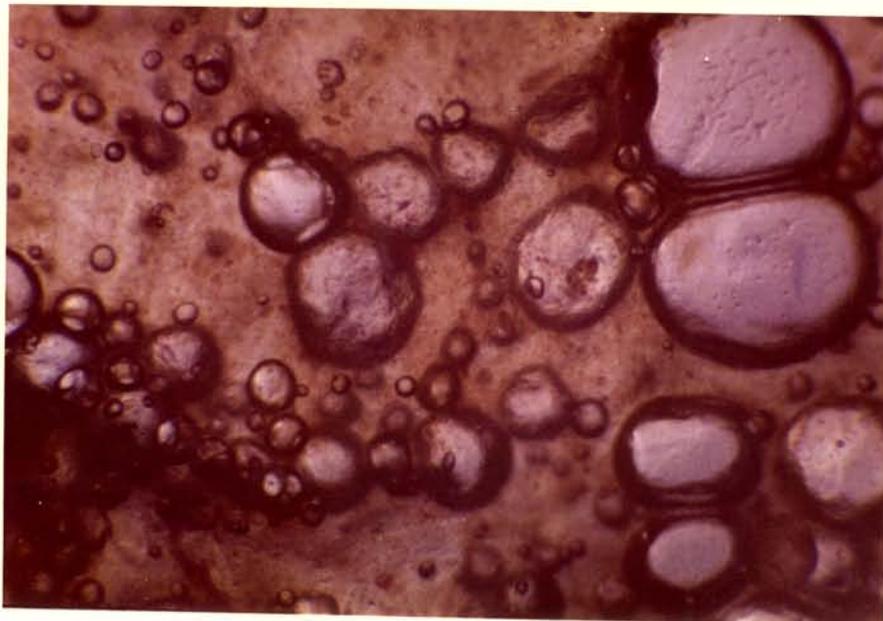


Figura 8. Espuma preparada com M.E.G. a 2%.

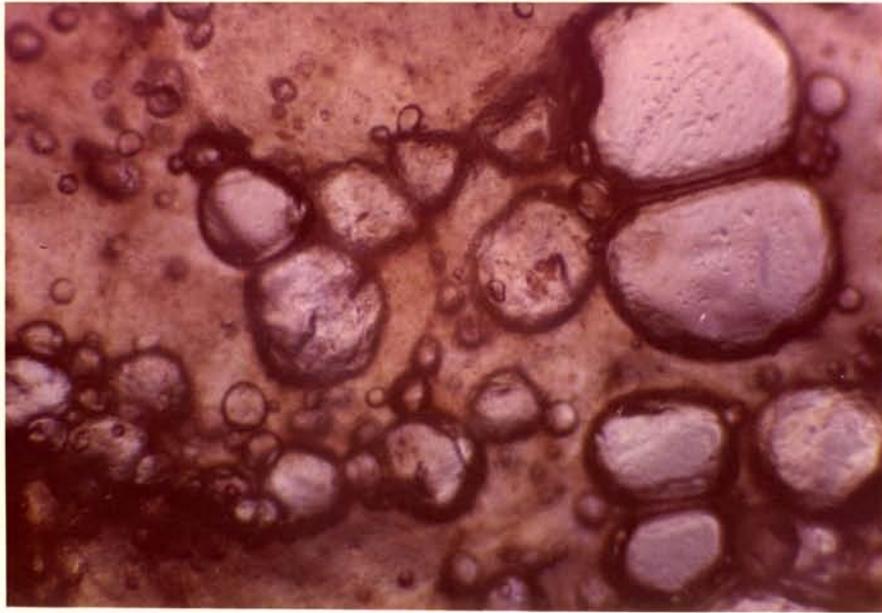


Figura 9. Espuma obtida com M.E.G. a 2% depois de 2 horas de preparada.

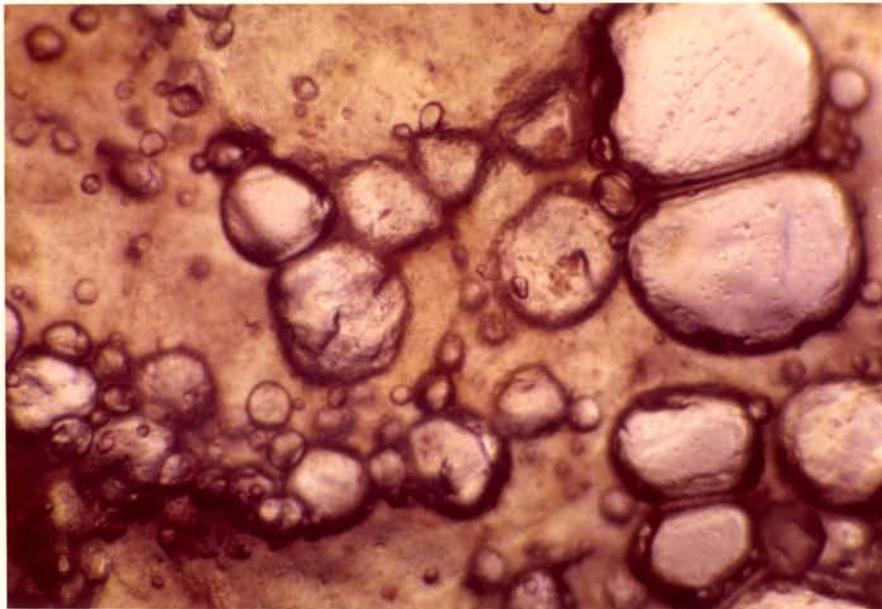


Figura 10. Espuma obtida com M.E.G. a 2% depois de 3 horas de preparada.

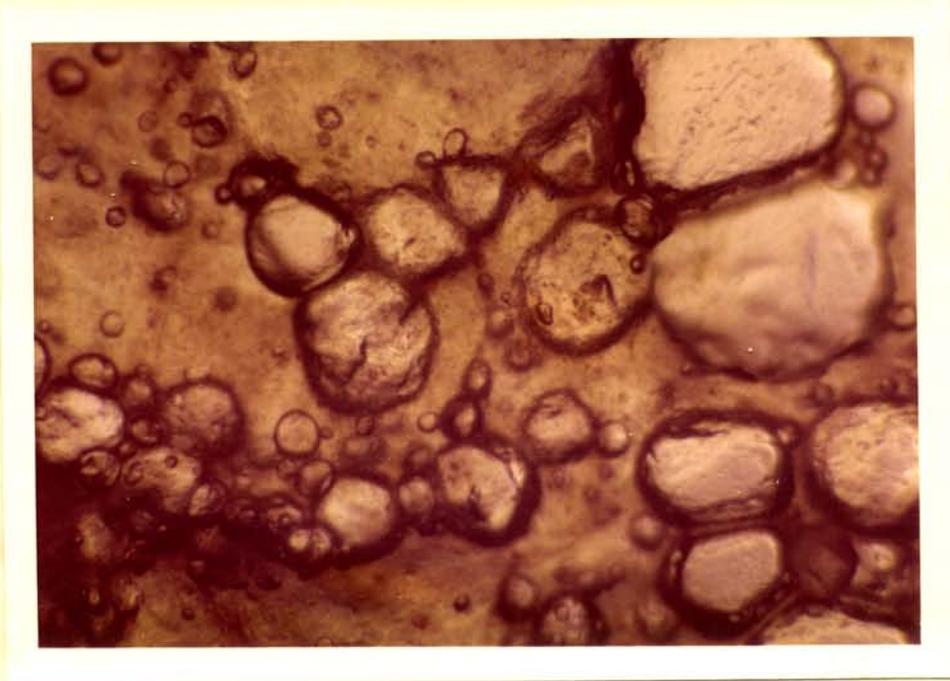


Figura 11. Espuma obtida com M.E.G. a 2% depois de 5 horas de preparada.

Observou-se que a velocidade de formação de espuma estava relacionada com a velocidade de agitação (r.p.m.).

O aumento da velocidade de agitação retardava a formação de espuma e, às vezes, a impedia. Isso pode ser facilmente explicado, ao recordar-se da estrutura da micela coloidal. O agente emulsionante apresenta em sua molécula uma parte hidrófila e outra lipófila, as quais tendem a originar películas orientadas.

Ao aumentar a concentração do agente de superfície, a repulsão da água pela parte hidrófoba da molécula ou ionte do tensoativo atua no interior da massa, de modo que um certo número de iontes ou moléculas tendem a tomar a mesma orientação que na superfície e se localizam formando verdadeiros agregados coloidais ou micelas.

Compreende-se, assim, que um batimento excessivo dificulta a ordenação das moléculas (4).

Esperava-se, ademais, que para uma velocidade constante de agitação, o aumento do tempo de batimento levaria a uma diminuição da densidade e do tamanho das bôlhas, em face de uma ruptura das bôlhas maiores.

Não obstante, nenhuma variação foi observada e o tamanho das bôlhas permaneceu desuniforme. Isso pode ser explicado, se se considerar que a bateadeira utilizada não era apropriada para se obter os tamanhos de partículas e a homogeneidade desejados.

Contudo, essas pequenas bôlhas, entre as maiores, reduzem grandemente a distância média entre a interfase e a capa líquida, permitindo uma mais rápida e completa secagem. (46)

As espumas preparadas com M.E.G. nas proporções de 1,5 e 2,0%, foram suficientemente fluidas para ser estendidas sobre as bandejas, porém, não o suficiente para passarem através das malhas.

A avaliação das espumas foi efetuada com um microscópio Olympus, modelo E H, objetiva 10 x, ocular P 15 x, equipado com câmara fotográfica Olympus 205522.

A espuma foi estendida em fina camada sôbre um porta-objetos e examinada. Dever-se-ia ter procedido com uma lâmina perfurada, a fim de se obter uma camada uniforme de espuma (6), porém não houve condições para isso.

Os diâmetros das bôlhas foram determinados, usando-se uma ocular micrométrica.

Foi sempre desejável obterem-se espumas de bôlhas pequenas e uniformes, a fim de se conseguir tempos de secagem menores e uma consistência porosa satisfatória. Não obstante, têm sido relatados experimentos com espumas compostas de pequenas bôlhas e tem-se indicado que, amiúde, essas espumas dão logo depois da reconstituição um produto leitoso, já que permanecem bôlhas coloidais de gás aprisionadas no pó, as quais são liberadas durante a dissolução. (6)

Pôs preparados com espumas de tamanhos maiores de bôlhas, não motivam um aspecto diferente do natural, quando de sua reconstituição.

Por isso, é necessário considerar um emulsionante de natureza tal que produza uma estrutura de bôlha permitindo uma secagem rápida e que, por sua vez, seja compatível com o bom aspecto depois da reconstituição.

4.2. SECAGEM

A respeito de secagem obtiveram-se distintos resultados.

Assim, a 40 e 50°C, necessitou-se para secar o produto e poder separá-lo da bandeja, um mínimo de três horas.

Quanto às temperaturas de 60 e 70°C, observou-se que a secagem poderia ser obtida no tempo de uma hora. A secagem foi continuada pelo tempo de 4 horas.

O produto secado a 80°C necessitou de uma hora para a sua completa secagem e foi separado da bandeja com dificuldade.

Deveria esperar-se que a maior temperatura a secagem se processasse em um tempo mais curto. Todavia, pode-se explicar o resultado obtido, tendo em conta que a estabilidade das emulsões diminui com o aumento da temperatura.

A espuma deve conservar a sua estrutura porosa típica, durante o processo de secagem. Isso é desejável para uma rápida secagem e fácil separação da bandeja.

Observou-se que nos primeiros minutos de secagem a 80°, a espuma entrava em colapso, levando, assim, à formação de uma camada impermeável, ou seja, que se secava rapidamente na superfície, o interior permanecendo úmido.

A massa, logo depois de seca, havia perdido sua consistência porosa e era difícil de separar-se da bandeja.

Os produtos secados a 60 e 70° eram facilmente separados da bandeja.

Os teores de umidade do produto obtido em diferentes temperaturas e tempos estão resumidos no Quadro 1.

Quadro 1. Conteúdo de umidade de pó de tomate obtido por "secagem em camada de espuma" a diferentes temperaturas e tempos de secagem.

Tempos de secagem	Temperaturas	Umidades
Em h	°C	%
3	40	6,0
3	50	5,0
1	60	2,5
2	60	1,4
3	60	0,9
4	60	0,5
1	70	2,5
2	70	1,2
3	70	1,1
4	70	0,7
1	80	3,3

O alto teor de umidade do pó secado a 80°C, em comparação com o esperado, pode ser explicado pela formação de uma camada impermeável. A espuma, ao entrar em colapso e se destruir, dá um produto que em face de sua constituição e consistência é difícil de secar.

O mesmo argumento explica o fato de que para secar a espuma a 80°C, necessita-se de mais tempo do que para as temperaturas mais baixas de 60 e 70°C.

No que se relaciona à possível deterioração do produto por ação de calor e ar incorporado, os níveis de ácido ascórbico determinados em amostras obtidas a diferentes temperaturas e tempos de secagem, são apresentados, resumidamente, no Quadro 2.

Quadro 2. Conteúdo de ácido ascórbico no pó de tomate obtido por "secagem em camada de espuma", a diferentes temperaturas e tempos de secagem.

Tempos de secagem	Temperaturas	Ác. ascórbico	Perdas de ácido ascórbico
Em h	°C	mg/100 g	mg/100 g
0	-	207,7	-
1	60	202,0	5,7
2	60	193,3	14,3
3	60	164,6	43,2
4	60	149,2	58,4
1	70	198,1	9,6
2	70	180,4	27,0
3	70	165,9	46,8
4	70	159,0	48,1

Observa-se que a destruição da vitamina C é mais rápida e intensa na secagem a 70°C, do que a 60°C.

Durante a secagem de uma hora a 70°C e de uma hora a 60°C, observa-se que os danos são maiores no primeiro caso.

Considerando-se os tempos de secagem a 60 e 70°C iguais, e portanto, que a exposição à corrente de ar era constante, pode-se inferir que, provavelmente, o dano parece ser causado em sua maior parte pela temperatura.

A adição de amido a 0,5% não reduz o tempo de secagem.

O tempo mínimo de secagem obtido foi, portanto, de uma hora, o qual ainda pode ser considerado excessivo, já que na literatura têm sido reportados tempos menores (5, 16) para casos semelhantes.

Não obstante, é necessário ter em conta que as condições de trabalho e o tipo de secador usado não permitiam obter melhores resultados.

Tempos menores de secagem poderiam ter sido obtidos com o uso da esteira rolante e secador de túnel, no qual o produto passa por regiões com temperaturas diferentes, dando possibilidade de uma secagem mais rápida.

Não foram observadas diferenças na velocidade de secagem de espuma preparadas com M.E.G. a 2,0%, com tamanhos maiores de bôlhas, em comparação com as espumas preparadas com M.E.G. a 1,5%, já que os tempos requeridos para secar o produto foram iguais (1 hora).

É necessário prevenir oxidações e evitar o quanto possível, reações de escurecimento não enzimico, quase sempre aceleradas pelo calor. Não obstante, dependendo sempre do produto considerado, têm sido divulgados casos em que se requeriam 60 minutos a uma temperatura de 76,7°C para secar até um conteúdo final de 2,0% de umidade (30).

Devido às considerações anteriores, resolveu-se continuar o trabalho com a espuma preparada com M.E.G. a 1,5%, em relação aos sólidos totais, e realizar a secagem a 60°C durante uma hora, já que o produto apresentava um teor de umidade de 2,5%, ou seja, igual ao obtido secando a 70°C durante o mesmo tempo, e considerando, ainda, segundo os dados do ácido ascórbico, que o dano era menor a 60°C.

4.3. RECONSTITUIÇÃO DA MASSA DE TOMATE DESIDRATADA

O tomate desidratado sob as condições assinaladas anteriormente, foi dissolvido em água fria na proporção de uma parte de pó para três de água, a fim de se reconstituir a massa de tomate original de 22° Brix.

A reconstituição foi rápida, por agitação, durante alguns segundos. Não se produziu espuma.

A cor foi determinada por meio do disco de Munsell.

Os dados da cor obtidos com a massa fresca e a massa de tomate reconstituída, estão resumidos no Quadro 3.

Quadro 3. Porcentagens de cores na massa de tomate natural e reconstituída, determinados por meio do disco de Munsell.

Côr	Côr na massa natural	Côr na massa reconstituída
	<u>%</u>	<u>%</u>
vermelho	68,0	67,5
Laranja	18,0	18,5
Negro	7,5	9,0
Cinzeno	6,5	5,0

Por simples observação da cor, o produto reconstituído pareceu ser ligeiramente mais claro que a massa de tomate original.

Não obstante e como revelam os dados obtidos, as referidas diferenças não foram demasiado significativas.

Pode-se pensar que a variação de cor seja devida a algumas das seguintes causas:

4.3.1. Dano do licopeno devido ao tratamento térmico;

4.3.2. Pequeníssimas bôlhas de ar aprisionadas na massa, que produzem modificações na reflexão da luz;

4.3.3. Tamanho do grânulo.

Não obstante, como se concluiu pelos dados do ácido ascórbico, o dano térmico a 60° durante uma hora, não parece ser tão grande que afete o licopeno em grande extensão.

O fato de que a reconstituição em água quente dá uma cor mais intensa, leva a pensar que a causa da variação de cor seja a segunda das assinaladas, aliada à última.

4.4. ANÁLISE SENSORIAL

Os resultados do teste triangular estão resumidos no Quadro 4.

Quadro 4. Análise sensorial para massa de tomate pelo método de diferença triangular modificado.

Comparações	Julgamentos		Preferência	
	Totais	Corretos	Padrão	Amostra
1 x 2	18	12	9	3
1 x 2	18	11	8	3
1 x 2	16	14	14	-
Totais	52	37 ⁺⁺⁺	31 ⁺⁺⁺	6

+++ Significativo ao nível de 0,1%;

1 Amostra-padrão (massa de tomate fresca);

2 Amostra (massa de tomate reconstituída).

A amostra-padrão diferiu ao nível de 0,1% da amostra estudada.

Quanto à preferência, a amostra-padrão (1) foi a mais preferida no mesmo nível.

Essas conclusões foram extraídas com ajuda de tabelas (1, 18).

Sõmente três dos provadores assinalaram a existência de um ligeiro gosto metálico no produto estudado.

Contudo, apesar de não ter sido a mais preferida, na massa reconstituída nada foi assinalado como desagradável ao paladar.

Convém notar que o produto reconstituído apresentou um aroma diferente daquele da massa fresca. Era menos intenso, embora isso fôsse percebido sômente ao se comparar grandes quantidades de ambos os produtos.

Isso é devido, provâavelmente, à perda de aroma durante a secagem, conforme já foi relatado em outros trabalhos (14).

5. CONCLUSÕES

As espumas preparadas com M.E.G. na proporção de 1,5% em relação aos sólidos totais, provaram ser as melhores dentre as pesquisadas, porque ofereciam dimensões reduzidas das bôlhas e aspecto mais uniforme. Essas espumas foram as que apresentaram maior estabilidade e menor densidade; eram estáveis à temperatura ambiente e também à temperatura de secagem de 60°C, já que não quebraram as emulsões, nem houve formação de película impermeável na superfície.

A espuma foi preparada com a quantidade mínima possível de M.E.G., aceita pela "Food and Drug Administration" (F.D.A.) dos E.U.A.

Em relação à secagem, concluiu-se que espuma secada a 40 e 50°C necessitava de tempos de secagem tão grandes como 3 horas e os teores de umidade eram mais altos do que as secadas a 60 e 70°C.

As espumas secadas a 60 e 70°C, necessitaram de tempos de 1 hora e, em ambos os casos, a umidade no produto final foi de 2,5%.

As espumas secadas a 80°C entravam em colapso e davam um produto com um teor de umidade de 3,3%, difícil de separar da bandeja.

As secagens a 60 e 70°C durante uma hora, não pareceram ser demasiadamente drásticas, já que não conduziram a grandes perdas da vitamina C, que havia sido adicionada em quantidade conhecida.

Escolheu-se a secagem a 60°C, pois, secando-se a essa temperatura durante uma hora, obtinha-se o mesmo teor de umidade no produto final que ao se secar a 70°C, durante o mesmo tempo, além de apresentar perdas menores de ácido ascórbico.

Temperatura de 60°C e tempo de uma hora, foram as condições mais suaves que se achou para uma secagem satisfatória.

Em resumo, as condições encontradas para produzir tomate em pó pelo processo de secagem de camada de espuma foram:

5.1. Concentração de suco de tomate até 22° Brix;

5.2. Preparação de espuma do seguinte modo:

5.2.1. Mistura de massa de tomate de 22°Brix com M.E.G. na proporção de 1,5% em relação aos sólidos totais, adicionada em emulsão cremosa, preparada dispersando-se M.E.G. em água a 76°C e, a seguir, deixando-se esfriar à temperatura ambiente;

5.2.2. Batimento em aparelho do tipo "Kitchen Aid", modelo K 5-A, durante 5 minutos e a 150 r.p.m.

5.2.3. Estendimento da espuma em camada uniforme de 3 mm sobre bandeja de madeira, com o fundo de malha de "nylon".

5.3. Secagem em secador Proctor e Schwartz, em corrente de ar quente a 60°C, durante uma hora.

A massa de tomate reconstituída a partir da massa desidratada, submetida a análise sensorial diferiu da amostra-padrão ao nível de 0,1% e foi também a mais preferida no mesmo nível.

Deve-se salientar que no presente trabalho, procurou-se pesquisar as condições físico-químicas de desidratação pelo processo "foam-mat" (secagem em camada de espuma), deixando-se de lado, pelo menos temporariamente, os cuidados exigidos para a obtenção de um produto de alta aceitação. Acrescenta-se, ademais, que as condições materiais de trabalho e a matéria-prima inicial, impediam tratar da qualidade final do produto, como ponto mais importante, reservando-se, para isso, outra ocasião em que será dedicada ao prosseguimento deste trabalho. Também deve-se levar em conta o fato de que, embora a massa de tomate reconstituída a partir de tomate desidratado, diferisse significativamente do padrão, não foi assinalada como desagradável ao paladar, ainda mais que a massa de tomate não é consumida como tal, mas sim constituinte de mólhos, etc.

Deve-se destacar, também, que embora o extrato de tomate seja o produto final, a sua redução a pó acarreta um custo adicional, o qual é compensado por uma diminuição nos custos de embalagem e armazenamento. Ademais, abre outras possibilidades de utilização do pó, como por exemplo, a elaboração de sopas, mólhos e outros produtos alimentícios desidratados.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AMERINE, M.A. e outros. Principles of sensory evaluation of foods. New York Academic Press, 1965.
2. _____. Hilgardia. 28 june, 526-530, 1959.
3. A.O.A.C. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. Tenth edition, 764, 1965.
4. BECHER, P. Emulsions theory and practice. Second edition. Reinhold Publishing, 1966.
5. BERRY, R.E., BISSET, O.W., WAGNER Jr, C. & WELDHUIS, M.K. Foam mat dried grape fruit juice. Time temperature drying studies. Food Technology 19 (3): 126, 1965.
6. BERRY, R.E., BISSET, O.W. & LASTINGER, L.C. Methods for evaluating foams from citrus concentrates. Food Technology, V. 19, nº 7, 144, 1965.
7. BERRY, R.E., BISSET, O.W., WAGNER, Jr, C. & WELDHUIS, M.K. Storage studies on foam mat dried grape fruit powders. Food Technology, V. 20, nº 4, 178, 1966.
8. BERRY, R.E., BISSET, O.W., WAGNER Jr, C. & WELDHUIS, M.K. Conditions of producing foam mat dried grape fruit crystals. Food Technology, V.21, nº 5, 293, 1967.
9. BERRY, R.E., BISSET, O.W., WAGNER Jr, C. & WELDHUIS, M.K. U.S. Patent 3,379, 538, 1968.
10. BISSET, O.W., TATUM, J.H., WAGNER, Jr, C. & WELDHUIS, M.K. Foam mat dried orange juice. Food Technology 17 (2): 1963.
11. GEE, M., GRAHAM, R.P. & MORGAN Jr, A.I. Storage changes in the free amino acids of foam mat dried tomato powders. Journal of the Food Science 32 (178); 1967.

12. GEE, M., GRAHAM, R.P. & MORGAN, Jr, A.I. Stability of foam mat dried orange powder. Food Technology 23 (5): 681, 1969.
13. GINETTE, L.F., GRAHAM, R.P. & MORGAN Jr, A.I. U.S. Patent 29811, 629. Process of dehydrating foams. 1961.
14. GINETTE, L.F., GRAHAM, R.P., MIERS, C. & MORGAN Jr, A.I. Tomato powder for foam mat drying. Food Technology 17 (6): 33, 1963.
15. GRAHAM, R.P., GINETTE, L.F. & MORGAN Jr, A.I. U.S. Patent 3,093,488. Preparation of dehydrated products, 1963.
16. GRAHAM, R.P., HART, M.R., WILLIAMS, G.S. & MORGAN Jr, A.I. Foam mat drying of citrus juices. Food Technology 19 (8): 91, 1965.
17. HART, M.R., GRAHAM, R.P., GINETTE, L.F. & MORGAN Jr, A.I. Foams for foam mat drying. Food Technology 17(10): 90, 1963.
18. HALL, E.B. A guide book for sensory testing. Metal Division, Research and Development Department Continental Can Company, July, 1961.
19. HENIG, Y. & MANNHEIM, C.H. Drum drying of tomato powder. Food Technology 25 (2):59, 1971.
20. LA BELLE, R.F. Characterization of foams for foam mat drying. Food Technology 20 (8): 89-84, 1966.
21. LAWLER, F.K. Foam mat drying goes to work. Food Engineering 34 (2): 68, 1962.
22. MORGAN, A.I., GINETTE, L.F., RANDALL, J.M. & GRAHAM, R.P. Techniques for improving instants. Food Engineering 31(9): 86-87, 1959.
23. MORGAN, A.I. & GINETTE, L.F. U.S. Patent 2,955,046, 1960.
24. MORGAN, A.I. & RANDALL, J.M. Dehydration of lacteal fluids. U.S. Patent 2,934,441, 1960.

25. MORGAN, A.I., RANDALL, J.M. & GRAHAM, R.P. Process of dehydrating fruit and vegetal juices. U.S. Patent 2,967,109, 1961.
26. MORGAN, A.I. & GINETTE, L.F. Dehydration of fruits and vegetable juice. U.S. Patent 2,955,943, 1960.
27. MORGAN, A.I., GRAHAM, R.P., GINETTE, L.F. & WILLIAMS, G.S. Recent developments in foam mat drying. Food Technology 15 (1):37, 1961.
28. MORGAN, A.I., GINETTE, L.F. & GRAHAM, R.P. U.S. Patent 3, 031,13, 1962.
29. MORGAN, A.I. & SCHWIMMER, S. U.S. Patent 3,170,803, 1965.
30. NOYES, R. Food Processing 2 Dehydration process for convenience foods. 136, 1969.
31. REIMAN, R.E. Precise metering lowers foam mat drying costs. Food Processing, January, 1969.
32. ROCHWELL, W.C., LOVE, E., MORGAN, A.I., GRAHAM, R.P. & GINETTE, L.F. How a foam mat drier is made. Food Eng. Aug., 1962.
33. SINGHAGAJEN, S. & D. Mc G Mc bean. Foam mat drying of banana. CSIRO Food Preservation Quarterly 18 (3 e 4), 1968.