UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

# DESIDRATAÇÃO DO CÔCO PELO PROCESSO "FOAM-MAT" (CÔCO EM PÓ)

Otto Ricardo Oliveira Apenburg
Engenheiro Químico

Orientador:
Prof. Dr. Ottilio 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

# C O N T E Ú D O


página

RESUMO . . . . . 1

SUMMARY . . . . . 2

1. INTRODUÇÃO . . . . . 3

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . . 5

2.1. *Matéria-prima* . . . . . 5
2.2. *Produtos de côco* . . . . . 5
2.3. *Processo de secagem "foam-mat"* . . . . . 6
2.4. *Emulsionantes* . . . . . 7

3. MATERIAIS E MÉTODOS . . . . . 10

3.1. *Matéria-prima* . . . . . 10
3.2. *Análise da matéria-prima* . . . . . 10
3.3. *Preparação da matéria-prima* . . . . . 10
*3.3.1. Seleção* . . . . . 10
*3.3.2. Descascamento* . . . . . 11
*3.3.3. Desintegração* . . . . . 11
*3.3.4. Extração do leite e concentração* . . 11
*3.3.5. Armazenamento do leite de côco* . . . 12

3.4. *Estudos feitos no emulsionamento* . . . . . 13
*3.4.1. Determinação da influência da temperatura inicial no emulsionamento* . . 13
*3.4.2. Determinação do r.p.m. ótimo de agitação* . . . . . 14
*3.4.3. Formação de espuma com auxílio de emulsionantes* . . . . . 14
3.5. *Secagem* . . . . . 16
3.6. *Testes feitos no produto desidratado* . . . 17
3.7. *Análise sensorial* . . . . . 18

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . . . 19

4.1. *Composição química da matéria-prima* . . . . 19
4.2. *Rendimento da matéria-prima* . . . . . 19
4.3. *Leite concentrado* . . . . . 20
4.4. *Polpa finamente desintegrada* . . . . . 22
*4.4.1. Influência da temperatura e do tempo de agitação* . . . . . 22
*4.4.2. Influência da velocidade de rotação* . 23
*4.4.3. Formação de espumas com auxílio de emulsionantes* . . . . . 24

*4.5. Secagem* . . . . . 29
*4.6. Análise sensorial* . . . . . 32
*4.7. Caracterização do produto desidratado obtido* . . . . . 33

5. CONCLUSÕES . . . . . 35

6. FIGURAS . . . . . 36

7. BIBLIOGRAFIA . . . . . 38

8. AGRADECIMENTOS . . . . . 41

## RESUMO

Este estudo teve por objetivo aplicar o processo de desidratação de espuma ("foam-mat") do côco, sob suas duas fases predominantes como alimentos:

a - leite de côco
b - côco integral, finamente ralado

Os resultados obtidos foram satisfatórios quando se desidratou o côco integral finamente pulverizado. Entende-se por côco integral o produto obtido da desintegração da polpa por meios mecânicos.

Nas condições experimentais existentes, não se chegou a resultados satisfatórios ao se desidratar o leite de côco pelo processo em estudo.

Nos estudos de formação de espuma estável foram ensaiados diversos tenso-ativos e/ou estabilizantes. Maior eficácia dos mesmos se revelou com o enriquecimento do meio com partículas sólidas da própria polpa.

As melhores condições de secagem foram conseguidas usando-se fluxo de ar paralelo, aquecido à temperatura de 90, 80 e 70ºC, por 40, 50 e 60 minutos respectivamente, originando um produto com 1,5% de umidade final.

SUMMARY

This study has as its main the application of the process of the foam-mat drying of the coconut and its two forms as food:

a - The milk of the coconut
b - The whole coconut, finely scraped

The results obtained were satisfactory, when the whole coconut finely pulverized was dehydrated. By whole coconut is understood the product obtained from the desintegration of the pulp by mechanical means.

Under the existing experimental conditions satisfactory results were not reached, when the milk of the coconut was dehydrated by the process in study.

On the study of formation of stable foam, various surface active agents and/or stabilizer were tested. Greater efficacy of these were revealed with enrichment, using solid particles of this pulp itself.

Drying best conditions were obtained using parallel air flow, heated at temperatures of 90º, 80º, 70ºC, at 40, 50 and 60 minutes respectively, originating a product with 1,5% of final moisture content.

# 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos grande ênfase tem sido dada aos processos modernos de desidratação de alimentos.

Dentre êles, o processo denominado "foam-mat drying" ou seja, processo de secagem em camadas de espuma, apresenta a vantagem de permitir a obtenção de produtos de qualidades comparáveis aos obtidos pela secagem a vácuo ou pela liofilização a custos industriais inferiores. Tal processo foi desenvolvido em 1958 por Arthur I. Morgan, U.S.D.A. Western Regional Research Laboratory, Albany, California. De acôrdo com o processo, os alimentos sob forma de purê ou sucos concentrados são transformados em espumas estáveis e são em seguida desidratados em camadas delgadas, com ar quente, com alta retenção de aroma e sabor. Os produtos são fàcilmente reconstituíveis por adição de água.

A secagem "foam-mat" pode se processar em diversos tipos de equipamentos simples, contínuos ou descontínuos. No caso de se fazer necessária uma baixa concentração de oxigênio, pode-se trabalhar em atmosfera de gás inerte sem maiores problemas. A espuma é desidratada ràpidamente a temperaturas relativamente baixas, já que a água se move por fôrças capilares no filme líquido de separação entre as bôlhas.

A espuma é geralmente obtida por meio de agentes tenso-ativos com agitação em aparelhos apropriados, com ou sem injeção de ar ou gases inertes.

A literatura científica é pobre de dados sôbre as características do processamento, o que se explica por esta-

rem estas protegidas por patentes. No presente trabalho procurou-se criar condições do processamento industrial que levassem à obtenção de côco em pó. Os equipamentos utilizados foram: batedeira aberta para a produção de espuma estável; bandejas com fundo de tela de "nylon" com aberturas de 1 mm x 1 mm; secador de gabinete com circulação de ar paralelo. Tentativas de secagem com fluxo de ar perpendicular à camada de espuma, não foram satisfatórias.

O objetivo de desidratar as frações constituintes do côco - leite e fibras - individualmente através de pré-concentração do leite seguido de um emulsionamento artificial e secagem "foam-mat" não se consumou. Motivos de ordem material tornaram mais viável a desidratação integral da polpa de côco, reduzida a finíssimas partículas.

# 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1. Matéria-prima:

O fruto maduro do coqueiro anão (*Cocos nucifera*, Lin) provém da planta da família das palmáceas, gênero *cocos*, tribo coccíneas, também chamada "anão verde", "indiano", "africano", etc. As variedades anãs se diferenciam pela forma, colorido dos frutos, consistência e tamanho das nozes, etc., e apresentam vantagens sôbre o coqueiro gigante na facilidade de colheita e no rendimento (21).

## 2.2. Produtos de côco:

Os produtos tradicionais industrializados de côco são, o leite de côco simples, o leite de côco concentrado e o côco sêco ralado. Êste último nada mais é que o resíduo da extração do leite, após secagem em estufas apropriadas, e de acôrdo com MAIA, R.F.O. (12) possui em média 30% de gordura e 4% de proteínas.

Segundo DATE, A. (6) o côco desidratado se apresenta no mercado internacional em diversas granulações, obtendo maiores cotações, a de grau fino, com 60% do mercado e a de grau médio com 40% como componentes de diversos produtos alimentares. A de grau grosso, usada em confeitos, ocupa faixa desprezível no comércio.

Nas Filipinas (10) emprega-se o processo de produção de côco granulado com manutenção do sabor característico, proteínas e vitaminas. No processamento adotado naquele

país, os frutos são partidos, a polpa retirada manualmente, lavada em solução de água clorada, moída e adicionada de água para desintegração no moinho coloidal. A polpa assim preparada é desidratada em secador de leito fluidizado à temperatura de 300ºF (149ºC).

NOZWICK, P.P. e outros (19), patentearam um processo, de desidratação do côco, pelo qual a polpa é adicionada à água, desintegrada, peneirada e, após adição de proteína, caseinato de sódio, monoestearato de glicerila ou dextrina, é desidratada por "spray".

CLAUDIO, T.R. e outros (5) analisando a farinha de côco desengordurada, observaram que 92,4% do nitrogênio presente está sob forma de aminoácidos ou nitrogênio amínico. A proteína é rica em arginina.

MIRANDA, J.P. e outros (15) estudando o desenvolvimento dos frutos, observaram que a polpa alcança o seu maior pêso no 13º mês, sendo essa a época de colheita mais adequada para obtenção do côco sêco e do leite.

## 2.3. Processo de secagem "foam-mat"

Segundo HART, M.R. e outros (9), a espuma para ser adequada à secagem "foam-mat" deve ser capaz de suportar tôdas as operações mecânicas necessárias ao processo, e manter uma estrutura porosa aberta durante a secagem.

Deduz-se que a manutenção de estrutura porosa se faz necessária para facilitar a desidratação e permitir que o produto seja fàcilmente retirado da esteira ou da bandeja.

Alguns alimentos formam espuma adequada por simples agitação, porém na maioria dos casos, há necessidade de aditivos e/ou concentração do produto.

BATES, R.P. (1) concluiu que além do teor de sólidos solúveis e insolúveis, a formação e a estabilidade da espuma são afetadas pela natureza química das frutas, natureza do agente emulsionante, natureza e concentração do estabilizador da espuma, sendo variáveis de menor importância, a concentração do agente emulsionante, tempo e temperatura de emulsionamento, consistência, etc.

BERRY, R.E. e outros (3) estudando microscòpicamente a espuma, observaram que não só o volume de gás incorporado, mas também as dimensões das bôlhas afetam a a facilidade de transferência da umidade, concluindo que espumas com bôlhas menores podem ser sêcas em condições menos rigorosas, até um teor de umidade bastante reduzido.

MORGAN, A.I. e outros (16) observaram que a maioria dos alimentos requerem em tôrno de 60 minutos para alcançarem teor de umidade reduzido a 2%, quando se usa ar à temperatura de 160°F (71°C). Observaram também que, trabalhando a essa temperatura, a umidade e a velocidade do ar não têm efeitos apreciáveis no tempo requerido.

## 2.4. Emulsionantes

A teoria das emulsões tem sido desenvolvida de modo bastante desordenado, trazendo como consequência o uso de têrmos e definições bastante ambíguos, de modo que "emulsificador" se refere tanto ao agente químico como a máquina, e

"homogeneizador" muitas vêzes é empregado para designar um moinho coloidal.

A definição de "emulsão" é bastante questionada, tendo BECHER, P. (2) optado pela seguinte: "Uma emulsão é um sistema heterogêneo constituído de pelo menos um líquido imiscível inteiramente dispersado em outro na forma de gotículas, cujos diâmetros em geral excedem 0,1μ. Tais sistemas possuem uma estabilidade mínima que pode ser acentuada mediante adição de aditivos usados como agentes de superfície, sólidos finamente divididos, etc.".

Segundo FURIA, T.E. (8) os agentes de superfície são constituídos de moléculas orgânicas que exibem comportamento polar e solubilidade reconhecidos como de "atividade superficial", sendo a redução da tensão superficial entre dois líquidos imiscíveis o fenômeno mais fàcilmente reconhecido.

A ação dos agentes de superfície se explica pela estrutura da molécula, que possui uma parte polar, hidrófila, e uma não polar, hidrófoba. Essa molécula é absorvida pela interfase óleo-água, onde atua impedindo a separação óleo-água. Considerando que as miscelas formadas pelas gotículas recobertas pelas moléculas do emulsionante possuem cargas elétricas iguais, é fácil entender porque a coalescência é evitada.

Para formar uma emulsão, há ainda a necessidade de realização de um trabalho sôbre o sistema, a fim de superar a resistência à formação de novas superfícies, e de um modo geral, êsse trabalho é realizado sob forma de agitação violenta. (4).

Ainda segundo FURIA, T.E. (8) dentre os agentes de superfície ativa naturais presente nos alimentos, a lecitina da gema do ôvo, ou da soja, com grupos de estrutura iônica na molécula, parece ser o que oferece os melhores resultados.

Outro agente emulsionante é o monoestearato de glicerila, pertencente ao grupo de agentes de superfície ativa não iônicos, com caráter predominantemente hidrófobo, sendo muito útil na emulsão água-óleo (2).

Alguns aditivos sem caráter polielétrico podem ser também utilizados para estabilizar uma emulsão. Dentre êstes, o amido, na sua forma natural ou modificada, tem propriedade de espessar e modificar a contextura dos alimentos(8).

O carboxi-metil-celulose é usado para aumentar a viscosidade da fase aquosa no sistema óleo-água. É considerado um agente auxiliar, sendo relativamente ineficiente quando empregado isolado (2).

# 3. MATERIAIS E MÉTODOS

## 3.1. Matéria-prima

Côcos da variedade anão-verde, foram obtidos na Estação Experimental de Aracaju, Sergipe, tendo os frutos sido colhidos na segunda quinzena de maio, época de chuvas, no ponto de maturação ótimo para germinação.

Após a colheita houve a retirada do mesocarpo fibroso ou "cairo", e ensacamento, numa média de 80 frutos por saco de 50 kg, a fim de serem remetidos para Campinas em caminhão com cobertura de lona, onde chegaram após seis dias de viagem, no dia 18 de junho.

Êsse material foi armazenado em câmara frigorífica a 17ºC, até os últimos dias de agôsto.

## 3.2. Análise da matéria-prima

Foram determinados umidade, matéria graxa (20), nitrogênio total (20), açúcares totais (17), açúcares redutores (22) (18), fibras (20), e cinzas (20).

## 3.3. Preparação da matéria-prima

### 3.3.1. Seleção

A seleção foi feita após rompimento dos frutos, pela observação visual do estado da polpa.

3.3.2. Descascamento

A polpa foi retirada da casca dura (endocarpo) e desembaraçada da película marrom com auxílio de facas de aço inoxidável.

3.3.3. Desintegração

Foi feita inicialmente uma moagem em ralador HOBART, modêlo A 200. Adicionou-se água, numa proporção de 1:1, em pêso, e efetuou-se uma segunda desintegração em liquidificador WARING, modêlo CB 4, seguindo-se de uma terceira em moinho coloidal GIFFORD MICRO MILL, modêlo MV-6-3. A adição de água foi feita para tornar possível a desintegração no liquidificador.

Para os estudos com o leite concentrado, utilizou-se o produto da primeira desintegração.

A polpa resultante apresentou um pH de 5,7.

3.3.4. Extração do leite e concentração

A extração do leite do côco foi executada em centrífuga HEINE, número 90379, seguindo-se a concentração rápida no evaporador CENTRI THERM, modêlo CT-1, da Alfa Laval, à temperatura de 45ºC, numa redução de 2:1 em volume, obtendo-se um concentrado com as seguintes características:

QUADRO 1

Composição do leite de côco concentrado

| Espécie | Percentagem |
|---|---|
| água | 35,0 |
| matéria graxa | 42,0 |
| proteína (Nitrogênio total x 6,25) | 6,0 |
| açúcares totais | 7,5 |
| não determinados | 9,5 |

A concentração do leite do côco logo após a extração parece evitar a quebra da emulsão que no nosso caso pode ter sido acelerada pela centrifugação.

### 3.3.5. Armazenamento do leite de côco

Em ambos os casos, leite concentrado e polpa finamente desintegrada, foram mantidos em frascos de vidro à temperatura ambiente de 22 - 23ºC, para imediato processamento.

Para preservar as amostras durante períodos maiores necessários às análises preliminares e aos primeiros ensaios de emulsionamento, tornou-se necessária a adição de de 1.000 ppm de metabissulfito de sódio como preservativo.

## 3.4. Estudos feitos no emulsionamento

A emulsão estável foi obtida através agitação em batedeira HOBART, modêlo K5-A.

Os estudos de incorporação de ar foram feitos com amostras de 350 gramas.

Observou-se o grau de incorporação de ar através da determinação das densidades relativas da espuma formada.

Para determinação da estabilidade, espalhou-se amostras da espuma em tela de "nylon" com malha de 1mm x 1mm, observando-se visualmente a separação das fases em função do tempo e da temperatura.

### 3.4.1. Determinação da influência da temperatura inicial no emulsionamento

Foram feitas determinações dos tempos de agitação necessários à formação de espuma na polpa e no leite concentrado, aquecidos à temperatura de 70ºC, e 45ºC respectivamente.

Desejava-se verificar a possibilidade de rápido emulsionamento do produto ainda aquecido pela passagem no moinho coloidal ou pelo concentrador.

### 3.4.2. Determinação do r.p.m. ótimo de agitação

Várias velocidades foram ensaiadas (190, 260, 340, 420 r.p.m.) para determinar o número de r.p.m. mais adequado à formação de espuma, em função da quantidade de ar incorporado, estabilidade e tempo necessário.

### 3.4.3. Formação de espuma com auxílio de emulsionantes

Nossos resultados indicam que a reduzida estabilidade da espuma formada pela agitação violenta do leite concentrado impede a sua secagem por êsse processo.

Tentou-se aumentar essa estabilidade adicionando-se tenso-ativos e espessantes, porém os resultados obtidos não foram satisfatórios. Os agentes pesquisados estão relacionados no quadro 2.

QUADRO 2

Agentes emulsionantes e concentrações utilizadas no emulsionamento do leite de côco concentrado

| agente | percentagem |
|---|---|
| amido modificado | 2,0 |
| lecitina de soja | 2,0 |
| proteinato de sódio | 2,0 |
| monoestearato de glicerila | 2,0 |
| carboxi-metil-celulose | 0,5 |

Observou-se que o proteinato de sódio e a lecitina de soja interferem na côr do leite concentrado, influindo na côr, quando usados em concentrações superiores a 0,5%.

O amido de milho utilizado, havia sido modificado por tratamento com trimetil fosfato de sódio para introduzir ligações cruzadas, evitando formação de gel rígido.

O monoestearato de glicerila e o carboxi-metil-celulose foram utilizados em solução aquosa.

O monoestearato de glicerila industrial usado, possuia 40-50% de monoestearato, ponto de fusão 55-57ºC, e acidez em ácido mirístico livre de 0,88%.

O carboxi-metil-celulose apresentava uma pureza de 96-97%, e grau de substituição de 0,50.

A espuma obtida por agitação violenta da polpa desintegrada pode ser desidratada pelo processo de secagem "foam-mat", apesar de sua densidade de 0,91 ser bastante elevada.

Procurou-se aumentar as possibilidades de formação de espuma estável, adicionando-se os seguintes emulsionantes:

QUADRO 3

Agentes emulsionantes e concentrações usadas no emulsionamento da polpa finamente desintegrada.

| amido | C M C | M.E.G. | amido + M.E.G. |
|---|---|---|---|
| 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,3a + 0,3b |
| 0,3 | 0,3 | 0,05 | 0,3a + 0,2b |
| 0,2 | 0,2 | 0,03 | 0,2a + 0,2b |
| 0,1 | 0,1 | - | 0,2a + 0,1b |
| - | - | - | 0,15a + 0,15b |

a = amido modificado

b = monoestearato de glicerila (M.E.G.)

3.5. Secagem

A espuma obtida foi espalhada em bandejas de 65 cm x 45 cm, com fundo de tela de "nylon" com malha de 1mm x 1 mm, com auxílio de espátula, à uma espessura de 3 mm.

Foram feitas secagens à temperatura de 60, 70, 80 e 90ºC, em secador de gabinete PROCTOR & SCHWARTZ, nº k11556, tomando-se em cada um dos casos, amostras em diferentes intervalos de tempo, para determinação de umidade.

Foram ensaiadas secagens com fluxo de ar em sentido perpendicular à camada de espuma, usando-se para isso artifício por nós construído.

O aparato consistiu de uma caixa de madeira, sem

tampa, e com dois orifícios opostos, por onde entrava um fluxo de ar proveniente de um compressor. A bandeja era adaptada na parte superior, de modo que o ar era forçado a passar através da camada de espuma. A caixa era colocada dentro do secador, de modo que tínhamos dois fluxos de ar, um perpendicular e o outro paralelo à camada de espuma.

O tempo necessário à secagem não foi inferior ao conseguido com fluxo de ar paralelo nas duas faces da bandeja.

## 3.6. Testes feitos no produto desidratado

O produto foi obtido em forma de escamas, com alta porosidade e fàcilmente transformáveis em pó por leve pressão.

A reconstituição foi conseguida adicionando-se água fria numa proporção de 0,75 gramas de água por grama de pó, e agitando-se levemente. Obtém-se dêste modo um produto com aproximadamente 43% de umidade, bastante próxima da original.

Foram feitos testes de rancidez do óleo contido nos produtos desidratados a 70, 80 e 90ºC, e na polpa recém preparada, para verificar a influência do tempo de exposição a diferentes temperaturas na rancificação do óleo, através do método de Kreiss (14), e obtiveram-se resultados negativos.

## 3.7. Análise sensorial

Os produtos reidratados foram comparados entre si, através do método sensorial de ordenação para avaliação da preferência, utilizando-se um delineamento estatístico em quadrado latino 3 x 3, (7), (11), (23).

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 4.1. Composição química da matéria-prima

As análises feitas para os componentes mais importantes revelaram:

QUADRO 4

Composição da matéria-prima

| espécie | percentagem |
|---|---|
| umidade | 43,00 |
| matéria graxa | 36,30 |
| proteínas (Nitrogênio total x 6,25) | 4,52 |
| açúcares totais | 6,00 |
| açúcares redutores | 0,42 |
| fibras | 5,55 |
| cinzas | 1,20 |
| não determinados | 3,43 |

## 4.2. Rendimento da matéria-prima

O rendimento que aparece no quadro 5, foi observado quando do recebimento da matéria-prima.

QUADRO 5

Rendimento observado

| espécie | percentagem |
|---|---|
| polpa | 39,60 |
| água | 20,00 |
| casca | 23,70 |
| película marrom | 6,10 |
| deteriorados | 8,70 |
| outras perdas | 1,90 |

## 4.3. Leite concentrado

Observou-se que o estado físico da emulsão permanece sólido até a temperatura de cêrca de 22ºC, passando a pastoso, e posteriormente líquido com o aumento da temperatura.

As diferentes densidades dos dois estados físicos indicam que a emulsão sofre uma contração quando passa do estado líquido para o sólido.

QUADRO 6

Densidade do leite de côco concentrado

| estado físico | densidade |
|---|---|
| líquido | 0,99 |
| sólido | 1,01 |

Observou-se que a formação de espuma sucede quando a massa está pastosa. Nas condições do nosso trabalho verificou-se que, no estado líquido, o leite concentrado não tem capacidade de adsorver gases.

Para o leite concentrado pastoso, a incorporação de ar em função de diferentes velocidades de rotação à temperatura ambiente é indicada no quadro abaixo.

QUADRO 7

Densidade da espuma do leite concentrado pastoso a diferentes velocidades de rotação

| tempo | velocidade (r.p.m.) | | |
|---|---|---|---|
| min | 260 | 340 | 420 |
| 5 | 0,95 | 0,74 | 0,94 |
| 10 | 0,90 | 0,65 | 0,89 |
| 15 | 0,87 | 0,63 | 0,86 |
| 20 | 0,83 | 0,63 | 0,77 |
| 25 | 0,79 | 0,63 | 0,75 |
| 30 | 0,72 | - | 0,73 |
| 35 | 0,71 | - | 0,71 |
| 40 | 0,70 | - | 0,71 |
| 45 | 0,70 | - | 0,71 |
| 50 | 0,70 | - | - |

Observou-se também a estabilidade da espuma formada em função do tempo e do número de r.p.m. e da temperatura.

Verificou-se que a velocidade de 340 r.p.m. se presta melhor para a obtenção de espuma de menor densidade.

A velocidade de 260 r.p.m. não foi capaz de incorporar ar.

Observou-se a destruição da emulsão quando a agitação era feita a 420 r.p.m. o que prejudicou os resultados. Êstes, em realidade, não correspondem à densidade de uma "espuma".

Explica-se a quebra de emulsão a êste r.p.m. elevado pela própria natureza físico-química do leite de côco podendo uma severa agitação provocar o desarranjo das moléculas localizadas na interfase.

Em todos os casos, a espuma formada com o leite concentrado evidenciou qualidades impróprias para secagem por entrar em colapso ou se romper com uma pequena elevação de temperatura decorrente da fusão da emulsão.

Esta impossibilidade foi também encontrada por BATES, R.P. (1) quando pesquisou a estabilidade das espumas de produtos de frutos tropicais.

## 4.4. Polpa finamente desintegrada

### 4.4.1. Influência da temperatura e do tempo de agitação

Observou-se que a emulsão se processa em tempo mais reduzido quando se trabalha com a polpa resfriada a tempe

raturas inferiores a 25ºC. Isso leva a crer que a utilização de um trocador de calor para resfriar o produto proveniente do moinho coloidal, seria benéfica.

### 4.4.2. Influência da velocidade de rotação

A variação de densidade está indicada no quadro 8, tendo as experiências sido realizadas à temperatura ambiente.

QUADRO 8

Densidade da espuma da polpa de côco em função do número de r.p.m. e tempos de agitação crescente.

| tempo | velocidade (r.p.m.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| min | 190 | 260 | 340 | 420 |
| 0 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 |
| 5 | 0,97 | 0,97 | 0,99 | 0,99 |
| 10 | 0,97 | 0,91 | 0,98 | 0,99 |
| 15 | 0,97 | 0,91 | 0,97 | 0,99 |
| 20 | 0,97 | 0,91 | 0,97 | 0,99 |
| 25 | 0,97 | 0,91 | 0,97 | 0,99 |

Do quadro 8, deduz-se ser a velocidade de 260 r.p.m. a que melhor se presta à emulsificação da polpa de côco. Observa-se também um aumento inicial da densidade, o que é fàcilmente explicado, levando-se em conta que inicialmente a polpa contém uma certa quantidade de ar, proveniente da pas-

sagem pelo moinho coloidal.

Velocidades de 340 e 420 r.p.m. provocaram a quebra da emulsão, aparentemente pelos mesmos motivos expostos para o leite concentrado. Do mesmo modo, o emulsionamento feito a baixa velocidade não incorporou o ar.

Notou-se ainda que uma prolongada agitação provoca a destruição da emulsão, trazendo como consequência o aparecimento de uma fase aquosa, fato que parece ser também explicado pelo desarranjo das moléculas.

A fim de aumentar as possibilidades de emulsionamento e evitar a quebra da emulsão, utilizaram-se tenso-ativos e espessantes.

### 4.4.3. Formação de espumas com auxílio de emulsionantes

O monoestearato de glicerila em concentrações de 0,3 e 0,4% deu origem a formação de espuma de baixa estabilidade.

Explica-se provàvelmente êste fato pela ação do monoestearato de glicerila provocando uma inversão pela tendência que tem em formar emulsão água-óleo.

Os resultados obtidos estão indicados no quadro 9, devendo-se levar em conta que são bastante falhos devido a quebra da emulsão, podendo a densidade ter diminuído por existir menos água na emulsão.

QUADRO 9

Densidade da espuma formada a diferentes concentrações de monoestearato de glicerila e tempos de agitação crescente

| tempo | concentração (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| min | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| 5 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,97 |
| 10 | 0,93 | 0,90 | 0,89 | 0,90 |
| 15 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,91 |
| 20 | 0,94 | 0,93 | 0,89 | 0,91 |
| 25 | 0,94 | 0,93 | 0,89 | 0,91 |

O amido modificado e o carboxi-metil-celulose foram adicionados, em concentrações de 0,4, 0,3, 0,2 e 0,1% e de 0,1, 0,05 e 0,03% respectivamente como tentativa de evitar a quebra da emulsão, permitindo desta forma maior estabilidade da espuma.

Os resultados obtidos não foram encorajadores, apesar da quebra da emulsão ter sido retardada. Os quadros 10 e 11 dão êsses resultados.

QUADRO 10

Densidade da espuma formada a diferentes concentrações de amido modificado com tempos de agitação crescente

| tempo | concentração (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| min | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| 5 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,99 |
| 10 | 0,89 | 0,90 | 0,87 | 0,89 |
| 15 | 0,90 | 0,87 | 0,89 | 0,92 |
| 20 | 0,93 | 0,90 | 0,92 | 0,92 |
| 25 | 0,93 | 0,90 | 0,92 | 0,91 |

QUADRO 11

Densidade da espuma formada a diferentes concentrações de carboxi-metil-celulose e com tempos de agitação crescentes

| tempo | concentração (%) | | |
|---|---|---|---|
| min | 0,1 | 0,05 | 0,03 |
| 5 | 0,99 | 0,99 | 0,98 |
| 10 | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| 15 | 0,93 | 0,91 | 0,91 |
| 20 | 0,93 | 0,88 | 0,90 |
| 25 | 0,93 | 0,88 | 0,90 |

A quebra da emulsão realmente parece ter sido re-

tardada pelo aumento da viscosidade, mas a agitação mais prolongada não provocou uma diminuição considerável na densidade.

Adicionou-se simultâneamente um espessante e um agente tenso-ativo, amido modificado e monoestearato de glicerila, visando obtenção de espuma com densidade mais baixa.

Os resultados obtidos, indicados no quadro 12, mostram que não se atingiu o intento, pois não se consegiu espuma de menor densidade, além de se ter sempre quebra da emulsão por prolongada agitação.



UNICAMP

QUADRO 12

Densidade da espuma formada a diferentes concentrações de amido modificado e monoestearato de glicerila, e tempos de agitação crescente.

| tempo | concentração (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| min | 0,3a + 0,3b | 0,3a + 0,2b | 0,2a + 0,2b | 0,2a + 0,1b | 0,15a + 0,15b |
| 5 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,99 |
| 10 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,91 | 0,91 |
| 15 | 0,95 | 0,91 | 0,91 | 0,89 | 0,90 |
| 20 | 0,95 | 0,91 | 0,91 | 0,89 | 0,89 |
| 25 | 0,95 | 0,91 | 0,91 | 0,89 | 0,90 |

a = percentagem de amido modificado
b = percentagem de monoestearato de glicerila

Em todos os casos estudados, obteve-se aproximadamente a mesma incorporação de ar, o que parece demonstrar a dificuldade de obtenção de espuma, com densidade mais baixa, através dêste tipo de equipamento.

Os sólidos presentes sob forma de fibras finamente desintegradas, mantêm uma estrutura porosa, que provàvelmente facilita a retirada da umidade.

Pelos resultados encontrados, observa-se que as melhores espumas foram conseguidas fazendo-se a agitação por 10 a 15 minutos à temperatura ambiente.

Os testes preliminares de secagem indicaram que, aparentemente, não há influência da presença do amido modificado ou carboxi-metil-celulose no tempo de secagem, de modo que a espuma proveniente da simples agitação da polpa, à velocidade de 260 r.p.m., se revelou a mais adequada.

Nossos resultados indicam que o amido modificado e o carboxi-metil-celulose prolongam a estabilidade da emulsão, em concentrações de 0,2 e 0,05% respectivamente.

## 4.5. Secagem

Procurou-se determinar o conteúdo de umidade a diferentes tempos e temperaturas, para conhecer o desenvolvimento da secagem. Os resultados obtidos estão indicados na figura 1.

A curva de secagem da figura 2 foi construída a par

tir da anterior. A ordenada representa quilos de água evaporada por hora por metro quadrado de área de secagem, e e a abcissa, quilos de água por quilo de sólido sêco.

A figura 2 evidencia dois períodos de secagem.

No primeiro período, devido a grande umidade, existe uma película contínua de água sôbre tôda a superfície de secagem, pois o movimento da água dentro do sólido é suficientemente rápido para manter a condição de saturação. Dêste modo, a taxa de secagem é controlada pela taxa de calor que chega à superfície, isto é, a secagem se comporta como se fôsse uma simples evaporação. Sabe-se que na secagem adiabática, a temperatura do sólido durante êste período é igual a temperatura de bulbo úmido. O ar ambiente encontrava-se à 22ºC, com umidade relativa de aproximadamente 40%, e quando aquecido a 90ºC, a temperatura de bulbo úmido é de aproximadamente 33ºC, e portanto bastante reduzida. Na secagem feita a 90ºC, êste período persiste por cêrca de 18 minutos, sendo o conteúdo de umidade reduzido a aproximadamente 0,37 quilos de água por quilo de sólido sêco, ou seja, aproximadamente 85% de água é evaporada.

O segundo período, velocidade decrescente, é controlado pelo movimento interno da umidade. A variação linear é uma confirmação de que o mecanismo que prevalece é o da capilaridade. Compreende-se assim, porque a temperatura passa a ter menor influência no segundo período.

Os tempos necessários para reduzir a umidade para cêrca de 1,5% a diferentes temperaturas estão indicados no quadro 13.

QUADRO 13

Tempos necessários para obtenção de um produto com aproximadamente 1,5% de umidade a diferentes temperaturas

| tempo | temperatura |
|---|---|
| min | ºC |
| 80 | 60 |
| 60 | 70 |
| 50 | 80 |
| 40 | 90 |

O tempo de 60 minutos necessário quando se usa temperatura de 70ºC está de acôrdo com a literatura consultada, testou-se porém temperaturas superiores para observar sua influência no produto final.

Os dados obtidos levam a crer ser possível realizar a secagem usando-se inicialmente temperaturas altas para reduzir o teor de umidade para cêrca de 20%, e posteriormente temperaturas mais baixas, sem grande aumento do tempo necessário, e diminuindo a severidade do tratamento.

Para confirmar esta dedução secou-se a espuma inicialmente a 90ºC, por 20 minutos, e a 60ºC por mais 20 minutos (total 40 minutos), tendo-se obtido resultado satisfatório, pois o conteúdo de umidade foi reduzido para cêrca de 2,0%. Temperaturas superiores não foram usadas.

## 4.6. Análise sensorial

Os resultados da avaliação de preferência constam do quadro 14 e são dados em totais de frequências por repetição e total geral, analisados através da tabela de Kramer (23) aos níveis de significância estatística de 5%, 1% e 0,1%.

QUADRO 14

Resultados da preferência, pelo método sensorial de ordenação

| repetição | tratamentos | | |
|---|---|---|---|
| | 70ºC | 80ºC | 90ºC |
| I | 23 | 16 | 15 |
| II | 16 | 18 | 20 |
| III | 18 | 20 | 16 |
| TOTAL | 57 | 54 | 51 |

Níveis de significância total

(45 - 63) - 5%
(43 - 65) - 1%
(40 - 68) - 0,1%

Níveis de significância parcial

(13 - 23) - 5%
(12 - 24) - 1%
(13 - 23) - 0,1%

Não houve diferenças significativas entre as amostras não se evidenciando portanto a amostra mais preferida.

## 4.7. Caracterização do produto desidratado obtido

O produto obtido apresentou as seguintes características: côr branca, odor semelhante ao fruto natural, forma de escamas com alta porosidade e fàcilmente transformável em pó por leve pressão, fàcilmente reconstituível por adição de água fria e pequena agitação, apesar da pequena higroscopicidade.

A pequena higroscopicidade provàvelmente se deve ao alto teor de óleo existente no produto.

A fácil absorção de água é explicada pela alta porosidade e presença de fibras.

Os resultados da composição química estão apresentados no quadro 15.

QUADRO 15

Composição média do produto desidratado.

| espécie | percentagem |
|---|---|
| umidade | 1,50 |
| matéria graxa | 62,66 |
| proteína | 7,83 |
| açúcares totais | 10,40 |
| açúcares redutores | 0,73 |
| fibras | 9,60 |
| cinzas | 2,08 |
| não determinados | 5,99 |

# 5. CONCLUSÕES

Nas condições do nosso trabalho experimental, falharam tôdas as tentativas de estabilização na emulsão de leite de côco concentrado.

Resultados positivos foram alcançados com a polpa integral de côco, finamente desintegrada e com r.p.m. ao redor de 260.

Agentes tenso-ativos e/ou espessante evidenciaram-se pouco eficazes na obtenção e na estabilidade das espumas de côco, leite concentrado e côco integral.

A emulsão obtida pela agitação do côco integral finamente desintegrado, a temperaturas inferiores a 25ºC e a velocidade de agitação de 260 r.p.m., mostrou-se adequada a secagem pelo processo "foam-mat" em tempos e temperaturas de 40 minutos a 90ºC, 50 minutos a 80ºC, e 60 minutos a 70ºC, compatíveis com os processos econômicos industriais, e com as características organolépticas dos produtos finais.

O mecanismo de secagem parece justificar o emprêgo de secador em forma de túnel com alta temperatura na primeira parte, e baixa temperatura na segunda, de modo a garantir a obtenção de produtos com alta qualidade num tempo mínimo.

Os produtos obtidos revelaram através da análise sensorial, qualidades organolépticas e têm probabilidades econômicas como material para uso direto ou indireto pela indústria de alimentos.

*FIGURA 1 - Conteúdo de umidade a diferentes tempos e temperaturas*

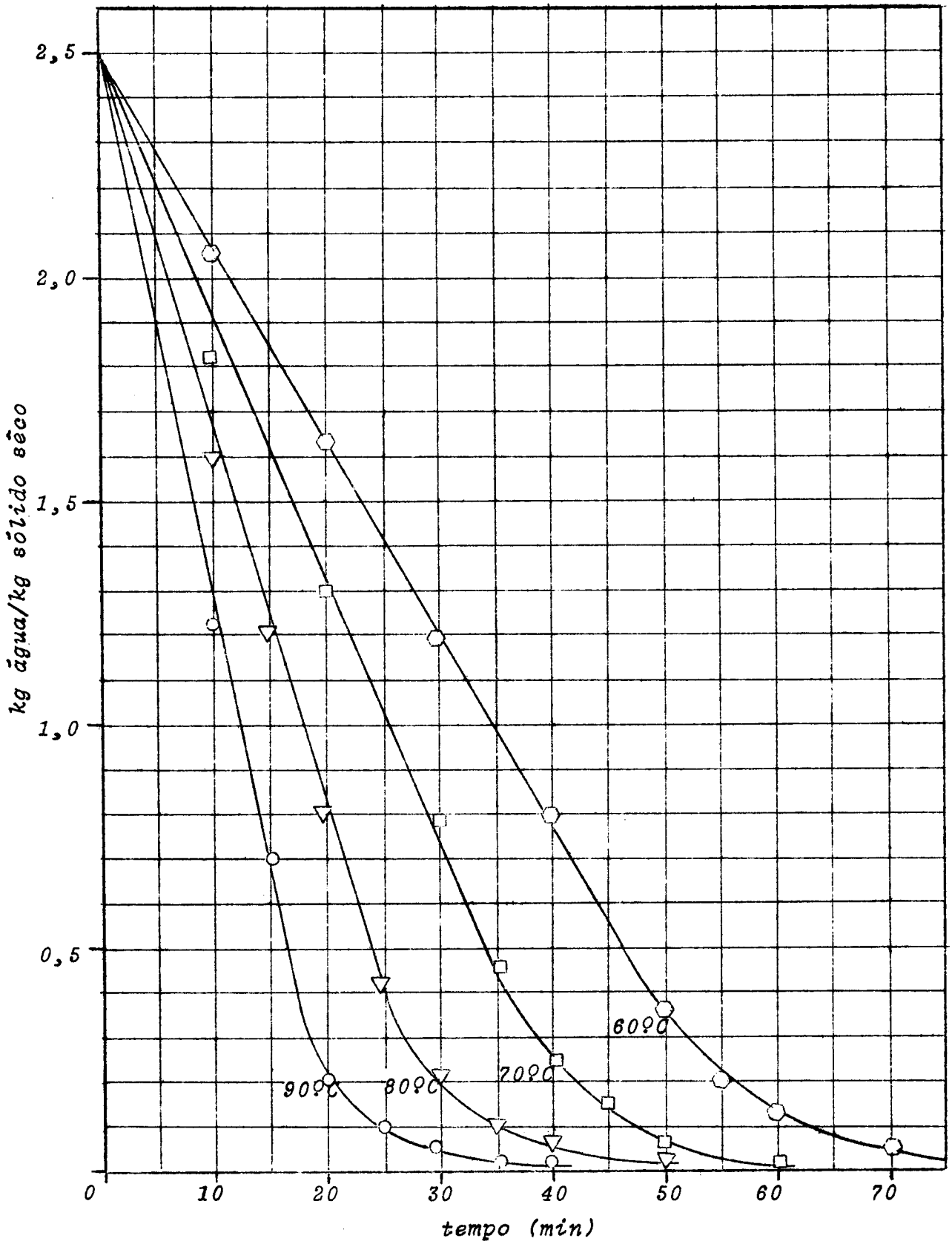
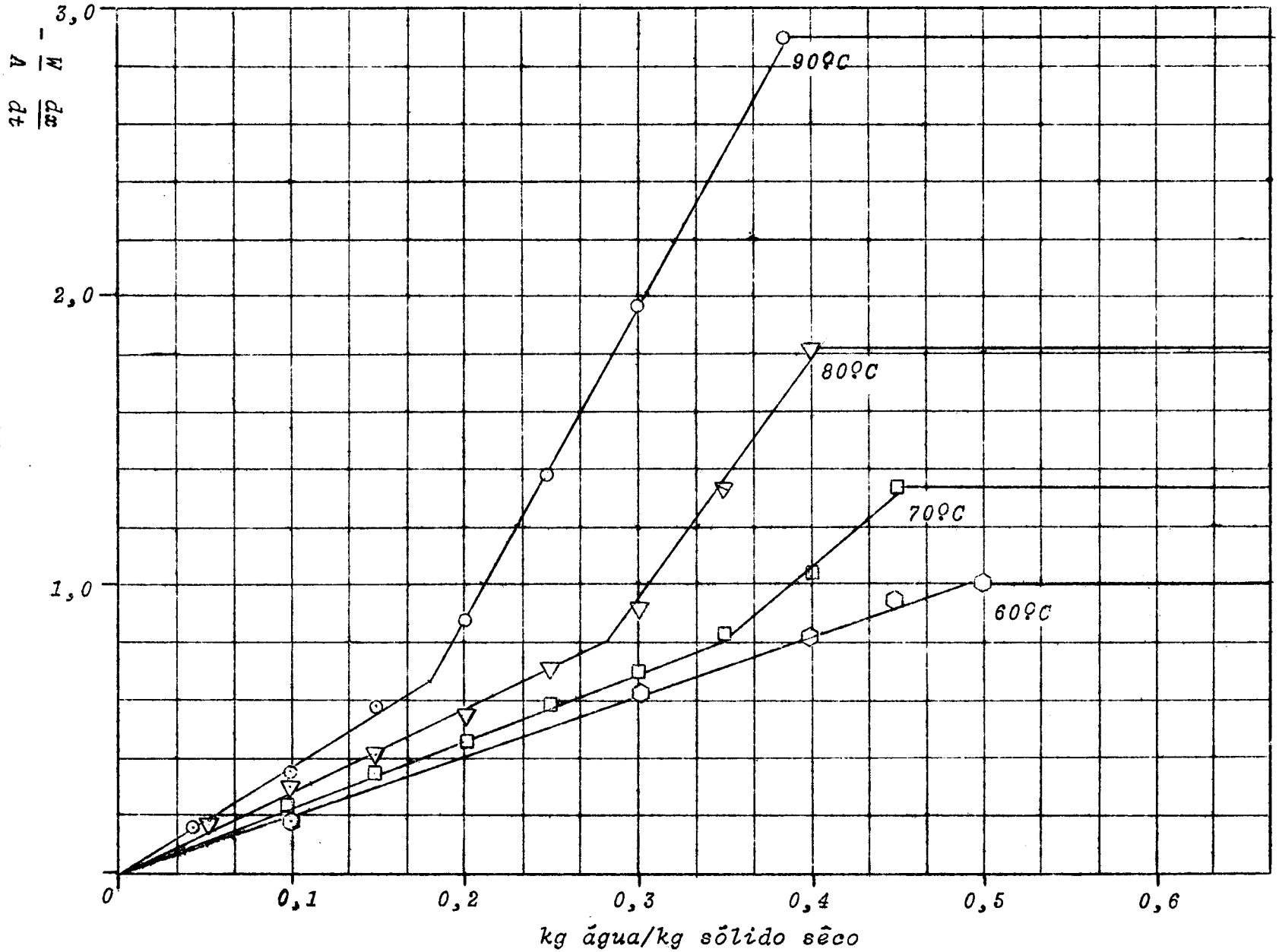


*FIGURA 2 - Velocidade de secagem a diferentes temperaturas*



## 7. BIBLIOGRAFIA


1. BATES, R.P. Factors affecting foam production and estabilization of tropical fruit products. Food Technology 18 (1) 93-96 (1964).

2. BECHER, P. Emulsions, theory and pratice. 2nd edition. Reinhold Publishing Corp. New York (1966).

3. BERRY, R.E. e outros Method for evaluating foam from citrus concentrates. Food Technology 19 (7)144-147 (1965).

4. BRENAN, J.G. e outros Las operaciones de la ingenieria de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. (1970).

5. CLAUDIO, T.R. e outros Laboratory scale studies on the preparation of coconut flour from granulated coconut. Philippine Journal of Science 97 (1) 45--56 (1968).

6. DATE, A. Disicated coconut. Ministry of Overseas Development. T.P.I. Report No G 12, 1-2, maio (1965)

7. ELLIS, B.H. A guide book for sensory testing. Continental Can Company, Inc. (1961)

8. FURIA, T.E. Handbook of food additives. The Chemical Rubber, Co. Ohio (1968).

9. HART, M.R. e outros Foams for foam-mat drying. Food technology 17 (10) 90-92 (1963).

10. Integrated process yield better products of lower costs. Food Engineering 35 (8) 65-66 (1963).

11. KRAMER, A. e outros Fundamentals of quality control for the food industry. 2nd edition. The AVI Publishing Company, Inc. Apendice I, 483-485 (1966).

12. MAIA, R.F.O. Industrialização do côco "nucifera", côco da Bahia. Alimentos e bebidas. 5 (4) 12 (1968)

13. MCCABE, W.L. & SMITH, J.C. Operaciones básicas de ingenieria quîmica. Volume 2. Editorias Reverté, S.A. Barcelona (1968).

14. MEHLENBACHER, V.S. The analysis of fats and oils. The Garrard Press Publishers. Illinois. 191-193 (1960).

15. MIRANDA, J.P. Jr. e outros Mensurações e dosagens em frutos de coqueiro. Instituto Agronômico do Leste. Bahia. (1961)

16. MORGAN, A.I. e outros Recent development in foam-mat drying. Food Technology. 15 (1) 37-39 (1961).

17. MORRIS, D.L. Science. 104-254 (1948).

18. NELSON, N. Journal of Biological Chemistry. 153-375 (1945).

19. NOZWICK, P.P. e outros Reconstituted coconut milk with additive. New Zeland. patente 155619 (1970).

20. Official and Tentative Methods of American Oil Chemists' Society. 3th edition. Volume 1. Ac 3-44; Aa 5-38; Ba 6-61; Bc 5-49.

21. SILVA, R.F. Notas sôbre a cultura do coqueiro anão. Boletim de Agricultura. Departamento de Produção Vegetal. 5 (11/12) 63 (1956).

22. SOMOGYI, M. Journal of Biological Chemistry. 160--161 (1945).

23. Table of Significant Rank Totals. Separatas pertencentes ao ITAL.

## 8. AGRADECIMENTOS

Agradecemos de modo especial ao professor Dr. Ottilio Guernelli, pela orientação que deu a êste trabalho.

Agradecimentos aos professôres Dr. André Tosello, Diretor da Faculdade de Tecnologia de Alimentos, e Engº Agrônomo Ágide Gorgatti Netto, Diretor do Instituto de Tecnologia de Alimentos, por proporcionarem condições técnicas e materiais para que êsse trabalho fôsse realizado.

Nossa gratidão a todos aquêles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dêste trabalho.