CONGELAMENTO DE BATATINHA (*Solanum tuberosum* L. cv. BINTJE),
PARCIALMENTE FRITA, POR CONTATO DIRETO COM SALMOURA

José Eduardo Paschoalino

Orientador: Homero Fonseca

Dissertação apresentada à Escola Su
perior de Agricultura "Luiz de Quei-
rôz", da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, área de concentração: Tec
nologia de Alimentos.

PIRACICABA

Estado de São Paulo

1983

AGRADECIMENTOS

- À Diretoria do ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos, por permitir e apoiar a realização deste trabalho.
- Ao Dr. Homero Fonseca, pela orientação e colaboração na elaboração deste trabalho.
- Ao corpo docente e funcionários do Departamento de Tecnologia Rural da ESALQ.
- À Engenheira de Alimentos Vera Lucia Pupo Ferreira pelo auxílio prestado nas avaliações organolépticas e determinações objetivas de cor.
- À Engenheira Agrônoma Sonia Dedeca da Silva Campos pela colaboração nas determinações objetivas de textura.
- Ao Químico Iovaldo Bueno Figueiredo, a José Álvaro Ribeiro de Mattos e Elisabete Spina, pelo auxílio prestado quanto às análises químicas.
- À Liria Akemi Tavares de Oliveira; Silvia Helena Savoia Biondi; Dionir Jeremias Baptista e Artur Rui pelo apoio e colaboração.
- À Carmen Silvia Barros Penteado pelo auxílio prestado na datilografia do texto.
- A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Matéria-prima	11
3.2. Caracterização da matéria-prima	12
3.2.1. Caracterização física	12
3.2.2. Caracterização química	13
3.3. Processamento	15
3.3.1. Congelamento em túnel com ar frio	18
3.3.2. Congelamento em solução fria	19
3.4. Avaliação do produto final	23
3.4.1. Análises químicas	24
3.4.2. Análises físicas	26
3.4.3. Análises organolépticas	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34

4.1. Características da matéria-prima	34
4.2. Características da transferência de calor	36
4.3. Características da transferência de massa	40
4.4. Avaliação do produto final	47
4.4.1. Atributos químicos	47
4.4.2. Atributos físicos	49
4.4.3. Atributos organolépticos	53
5. CONCLUSÕES	61
6. LITERATURA CITADA	63

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1	- Atributos físicos da batatinha cultivar Bintje, determinados em amostra de 100 tubérculos ...	35
TABELA 2	- Atributos químicos da batatinha cultivar Bintje, determinados em amostra da matéria-prima, com um mínimo de três repetições	37
TABELA 3	- Teor de cloreto de sódio, expresso em gramas de NaCl por 100 gramas da amostra, na batatinha submetida aos dois métodos de congelamento, em diferentes fases do processamento e do armazenamento	44
TABELA 4	- Teor de matéria graxa, expresso em gramas de matéria graxa por 100 gramas de amostra, na batatinha submetida aos dois métodos de congelamento, em diferentes fases do processamento e do armazenamento	46
TABELA 5	- Atributos químicos da batatinha frita obtida por dois métodos distintos de congelamento, após a fritura final, a zero e 60 dias de armazenamento	48

TABELA 6 - Resultados das determinações objetivas de cor das amostras de batatinha obtidos pelos dois métodos de congelamento, a zero e 60 dias de armazenamento	50
TABELA 7 - Textura do produto obtido pelos dois métodos de congelamento, com 3, 6 e 9 minutos após a fritura final, aos tempos zero e 60 dias de armazenamento	52
TABELA 8 - Resultados da avaliação de preferência geral entre as amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, com zero dia de armazenamento	54
TABELA 9 - Resultados da avaliação subjetiva de cor das amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, aos tempos zero e sessenta dias de armazenamento	56
TABELA 10 - Resultados da avaliação do sabor das amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, aos tempos zero e sessenta dias de armazenamento	57
TABELA 11 - Resultados da avaliação subjetiva da textura da crosta e consistência interna das amostras	

obtidas pelos dois métodos de congelamento, aos tempos zero e sessenta dias de armazena- mento	59
--	----

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1	- Fluxograma básico de processamento de batatinha parcialmente frita e congelada em túnel de congelamento e por imersão direta em solução fria	16
FIGURA 2	- Curva dos pontos de congelamento de soluções água-álcool em diferentes concentrações de etanol	20
FIGURA 3	- Curva dos pontos de congelamento de soluções de cloreto de sódio em diferentes concentrações	22
FIGURA 4	- Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto à preferência geral	30
FIGURA 5	- Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto à cor	31
FIGURA 6	- Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto ao sabor	32
FIGURA 7	- Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto à consistência interna e textura da crosta	33

FIGURA 8 - Temperatura do centro geométrico das fritas submetidas a congelamento em túnel com circulação forçada de ar e por contato direto com salmoura 38

FIGURA 9 - Rendimentos verificados nas diversas fases de processamento da batatinha semi-frita e congelada em túnel com ar frio (% m/m) 41

FIGURA 10 - Rendimentos verificados nas diversas fases de processamento da batatinha semi-frita e congelada em salmoura (% m/m) 42

CONGELAMENTO DE BATATINHA (*Solanum tuberosum* L. cv. BINTJE),
PARCIALMENTE FRITA, POR CONTATO DIRETO COM SALMOURA

Candidato: José Eduardo Paschoalino

Orientador: Homero Fonseca

RESUMO

O presente trabalho trata do congelamento de batatinha (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Bintje, parcialmente frita, por contato direto com meio aquoso de transferência de calor.

A matéria-prima foi avaliada em seus atributos físicos e químicos. O preparo do material para o congelamento compreendeu o corte dos tubérculos ao estilo francês, o branqueamento dos pedaços em água fervente por um período de 2,5 minutos e a fritura parcial em óleo de milho a 180°C por um período de 1,5 minutos. O produto foi congelado por contato direto com uma solução a 21% de NaCl, a -18°C, e centrifugado a 500 rpm (42,6 x G), por um período de 30 segundos, para remover o excesso de solução aderida à superfície das fritas. Amostras do mesmo material foram congeladas em túnel de congelamento com ar a -30°C e a velocidade de 120m/min como referência para

comparação. O produto final foi submetido a avaliação física, química e organoléptica, com zero e sessenta dias de armazenamento.

O processo de congelamento por imersão, foi considerado tecnicamente adequado para a batatinha frita, com base nos seguintes resultados:

- os tempos de resfriamento e congelamento do produto foram curtos. As fritas levaram 1 minuto para serem resfriadas de 25°C a -4°C e 1 minuto adicional para atingirem a temperatura de -6,67°C (20°F) quando 90% da água já estaria congelada. Para o congelamento em túnel com ar a -30°C, os tempos correspondentes foram de 2 minutos e 4,5 minutos;

- o rendimento do processo, considerado em termos de massa do produto semi-frito e congelado por massa de matéria-prima, foi considerado muito bom (cerca de 1,5% superior ao método de congelamento em túnel);

- o teor de cloreto de sódio (2,34%) e o teor de matéria graxa (15,21%) encontrados nas fritas congeladas em salmoura, embora superiores aos valores apresentados pelas fritas congeladas em túnel ficaram dentro das exigências do consumidor, conforme atestam os resultados da avaliação de sabor;

- a avaliação organoléptica das amostras mostrou resultados favoráveis para o produto congelado em salmoura, em relação ao produto congelado em túnel com ar frio. Quanto à

preferência geral, não houve diferença significativa entre as amostras, porém a amostra congelada em salmoura foi superior em cor a zero dia de armazenamento, superior em sabor a sessenta dias de armazenamento e superior em textura em ambas as épocas de avaliação.

FREEZING OF PARTIALLY FRIED POTATO (*Solanum tuberosum* L. cv.
BINTJE) BY DIRECT CONTACT WITH BRINE

Author: José Eduardo Paschoalino

Adviser: Homero Fonseca

SUMMARY

This work treats the freezing of fried potato (*Solanum tuberosum* L., cultivar Bintje) by direct contact with an aqueous freezing medium. Raw material was evaluated with respect to its chemical and physical attributes. Tubers were prepared in French cut style, blanched in boiling water for 2.5 minutes and partially fried in corn oil at 180°C for 1.5 minutes. Product was frozen by direct contact with a 21% NaCl solution, at -18°C, and centrifuged at 500 rpm (42.6 x G) for 30 seconds, to remove surface adhering freezant. Samples of the same material were frozen in an air blast tunnel, as a reference for comparison, operating with air at -30°C and at a velocity of 120m/min. Final product was evaluated in respect to its chemical, physical and organoleptic properties at 0 and 60 days of storage. Immersion freezing process was considered technically suitable for French fried potato, based on the following results:

- cooling and freezing times were short. The product took 1 minute to be cooled from 25°C to -4°C and 1 additional minute to reach the temperature of -6.67°C (20°F) where 90% of product water was frozen. For air blast tunnel, at -30°C , the corresponding times were 2 minutes and 4.5 minutes;

- process yield, considered as mass of frozen fried potato to mass of raw material was high (1.5% superior to air blast tunnel method);

- sodium chloride content (2.34%) and fatty matter content (15.21%) found in brine frozen product, although higher than the values presented by tunnel frozen product, were well accepted by consumers as it can be seen from the results of taste evaluation;

- organoleptic evaluation of the samples showed favorable results for brine frozen product in relation to tunnel frozen product. With respect to general preference there was not significant difference between samples, but the sample frozen in brine was superior in color at zero days of storage, superior in flavor at 60 days of storage and superior in texture at both evaluation times.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os métodos de congelamento desenvolvidos até os dias atuais, utilizando diferentes meios de transferência de calor, tais como os fluidos criogênicos, o ar, ou as soluções frias, somente o congelamento em ar frio tem sido utilizado, no Brasil, para produção industrial de hortaliças congeladas. O congelamento em cada um desses meios de transferência de calor tem reconhecidas limitações. Por exemplo, o congelamento com aspersão ou por imersão direta em fluidos criogênicos sofre a restrição do alto custo operacional, pois o meio de transferência de calor, quando produzido aqui no país, é vendido a preço tão elevado que seu emprego somente seria justificado para o congelamento de alimentos de alto valor comercial, o que não é válido para a maioria das hortaliças.

O congelamento em ar frio requer o emprego de equipamentos de grande porte, pois a taxa de transferência de calor, que se verifica no processo, é baixa. Taxas relativamente altas de transferência de calor podem ser alcançadas pela rápida

circulação de ar pelo produto, mas isso leva a um consumo adicional de energia. Mais ainda, o congelamento em ar frio frequentemente conduz a uma desidratação do produto causada pelo diferencial de pressão de vapor d'água entre o ar frio e o alimento morno.

O congelamento por imersão direta do alimento em soluções frias há longo tempo tem sido referido como o método de congelamento potencialmente ideal, em virtude da alta velocidade de congelamento e o baixo custo que se verificam no processo.

Uma importante desvantagem do método é a absorção de solutos pelo produto, com possível alteração de seu aroma e sabor, limitando sua aplicação a determinados alimentos. Considerando-se que a energia requerida para congelamento de um quilograma de hortaliças, utilizando-se a técnica de imersão direta, é cerca de 25% a menos que a energia gasta no processo convencional de ar, tem-se como certa a proliferação dos trabalhos de pesquisa sobre esse método de congelamento e a ampliação do seu uso em futuro próximo.

Por outro lado, a produção de batatas fritas congeladas vem ganhando vulto em diversos países, chegando a abranger 86% dos produtos congelados de batata e cerca de 50% do total de hortaliças congeladas em 1977 nos Estados Unidos (JUDGE, 1978).

No presente trabalho, o método de congelamento por imersão direta em solução fria foi aplicado a essa hortaliça, preparada ao estilo de corte francês e parcialmente frita, visando a obtenção de um produto final com bons atributos organolépticos. As fritas foram também congeladas em túnel com circulação forçada de ar, para efeito de comparação quanto à velocidade de congelamento e qualidade do produto final.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O congelamento por imersão direta em soluções frias tem sido proposto para a conservação de frutas, hortaliças, peixes e carnes (TRESSLER *et alii*, 1968; FENNEMA, 1973). As vantagens apresentadas por esse método são uma alta taxa de transferência de calor (MOTT, 1964), aliada a um baixo custo (RASMUSSEN, 1967), além de uma redução na desidratação do produto durante o congelamento.

As soluções aquosas compostas de um soluto único como um sal, ácido ou base inorgânicos, assim como um composto orgânico, como a sacarose, tem sido propostas e utilizadas para congelamento de frutas, hortaliças e pescados desde o princípio do século. Algumas patentes de processo de congelamento por imersão dos produtos em soluções aquosas com soluto único foram registradas há bastante tempo (OTTESEN, 1915; NOYES, 1942, 1949). As soluções aquosas contendo mais de um soluto também tem sido sugeridas, como, por exemplos, cloreto de sódio com pequenas quantidades de cloreto de cálcio ou de potássio, dissolvidos

em água do mar, para congelamento de pescado. (HOLSTON e POTTINGER, 1954), glucose com sacarose (BARTLETT, 1941), glicerina com álcool etílico. (BLAND, 1936) e glucose com cloreto de sódio (BUTLER e SLAVIN, 1959).

Apesar de ser um método de congelamento dos mais antigos que se conhece, a técnica de imersão direta dos produtos em soluções frias somente começou a despertar maiores atenções na década de 40. Em 1947, um trabalho sobre avaliação dos principais métodos de congelamento utilizados nos Estados Unidos, estimava que somente 5% de todo o congelamento de alimentos daquele país era feito por métodos de imersão em líquidos. Porém, uma das conclusões básicas do estudo era que essa técnica iria crescer grandemente em popularidade (MEEK e GREENE, 1947).

De fato, já em 1948, uma unidade de congelamento por imersão desenvolvida na Universidade do Texas foi manufaturada por "Mc Evoy Co", de Houston, e se encontrava em operação em duas empresas que acusavam resultados favoráveis e pretendiam continuar com seu uso (WILSON, 1948). O então chamado congelador polifase "Mc Evoy" foi utilizado com sucesso no congelamento de ervilhas e vagens com tempo aproximado de 90 segundos para a temperatura do produto alcançar -18°C e também com diversas frutas cujo tempo de congelamento variou de 4 a 7 minutos.

GRIMES (1973) utilizou uma solução de cloreto de

sódio e uma solução mista de cloreto de sódio e açúcar para congelamento de pescados no prototipo "Hydrofreeze" — sistema aquoso de Marco, desenvolvido em Seattle, EUA. O trabalho conclui que o impacto sobre o "flavor" é um importante fator limitante da comercialização de métodos de congelamento por imersão em soluções aquosas.

Mais recentemente, ROBERTSON *et alii* (1976) relataram uma metodologia para congelamento de vegetais por contato direto com um meio de congelamento aquoso, com preocupação maior na redução do teor de absorção de solutos pelos produtos, concluindo que: a) vegetais congelados em salmoura a 23% de NaCl, com adequado tratamento pós-congelamento, apresentam teores de sal variando de 0,48%, como no caso das ervilhas, até 2,19%, no caso de cenoura. Os teores mais baixos são comparáveis aos níveis de sal encontrados em produtos enlatados, enquanto os valores mais altos são comparáveis aos níveis de sal presentes em sopas reidratadas; b) os métodos de redução de solutos por enxugamento com espuma de poliuretano ou lavagem em solução mais diluída (11,5% de NaCl) produzem o mesmo efeito e a combinação dos dois é o mais efetivo; c) os tempos de congelamento são curtos. Os pedaços de vegetais podem ser resfriados e congelados a $-6,67^{\circ}\text{C}$ (20°F) em um minuto ou menos; d) o custo estimado de congelamento em solução aquosa é menor que o custo do congelamento em ar ou em leite fluidificado.

CIPOLLETTI *et alii* (1977) efetuaram o congelamento de vegetais por contato direto com uma solução a 15% de

NaCl e 15% de etanol utilizada em conjunto com a imersão dos produtos em solução a 5% de sacarose antes do congelamento, e chegaram às seguintes conclusões: a) os tempos de congelamento até -18°C foram de 2 minutos para cenoura cortada em cubos e ervilhas; b) a absorção de NaCl pelos produtos variou de 0,89% para ervilhas até um máximo de 2,06% para cenouras. A absorção de etanol foi pequena (0,05% até 0,27%); c) não foram detectadas diferenças organolépticas significativas entre os produtos congelados em imersão direta (com e sem enxugamento com espuma de poliuretano) e aqueles congelados em ar forçado. Os produtos testados foram ervilha, vagem e milho. Somente para cenoura houve preferência pelo congelamento em ar frio devido à ausência de sal.

GOL'DBERG *et alii* (1976) estudaram a penetração de cloreto de sódio em pimentão e cereja quando congelados por contato direto com salmoura a -18°C . Os autores concluíram que a absorção de sal pelos tecidos vegetais é insignificante, recomendando um resfriamento prévio em ar frio e depois o congelamento em solução aquosa.

GOL'DBERG (1978) descreveu uma linha para congelamento por contato direto com salmoura, utilizada para pimentão, tomate e maçã. O autor verificou que a aspersão de salmoura sobre os produtos, à razão de 3 litros por segundo por metro quadrado, apresentou melhor taxa de congelamento que a imersão direta do produto em salmoura, à mesma temperatura.

ELIAS (1978) considerou o processo desenvolvido pelos engenheiros do "Western Regional Research Center" em Berkeley (CIPOLLETTI *et alii*, 1977), como uma solução para o alto custo do congelamento de alimentos. Em seu entusiasmo, o autor chama o processo de congelamento por imersão direta em solução fria como "a onda (fria) do futuro". O autor também se refere à necessidade de incluir, na usina de processamento, tomadas elétricas e ferramentas à prova de fogo, assim como um sistema para recuperação e reutilização do refrigerante, no caso o etanol.

EMBLIK (1979) tece algumas considerações sobre a termodinâmica do processo de congelamento por imersão em líquidos frios. O autor conclui que a menos que se possa encontrar um líquido que não provoque efeitos indesejáveis no alimento, este deve ser embalado com um filme envolvente. Então, a resistência que o filme e as inevitáveis bolsas de ar que permanecem no interior da embalagem oferecem à passagem do calor podem reduzir drasticamente o coeficiente de transferência de calor. Em muitos casos de alimentos embalados, o coeficiente de transferência de calor é muito menor no congelamento por imersão que o congelamento em ar frio. Assim sendo, o congelamento por imersão somente será mais econômico, em termos de energia requerida, quando o líquido refrigerante for adequado para o contato com o alimento.

Como pode ser observado pelos dados da literatura disponível sobre o método de congelamento por imersão direta

dos alimentos em soluções frias, alguns autores conseguiram resultados bastante satisfatórios em termos de produtos finais com bons atributos organolépticos. Quanto aos problemas encontrados pode-se destacar, como de maior relevância, a absorção de solutos pelo produto e consequente alteração do seu "flavor", além da necessidade de reposição periódica do meio de congelamento. Algumas técnicas já foram desenvolvidas (pré e pós-congelamento) para contornar o problema de excesso de soluto aderido ao alimento. Antes do congelamento, a imersão do produto, por alguns segundos, em solução de sacarose permite uma menor absorção de soluto. Posterior ao congelamento, a centrifugação do produto, o emprego de espumas de poliuretano para secar a superfície do produto ou a lavagem do produto em soluções mais diluídas, são técnicas que podem ser utilizadas para reduzir o teor de solutos no alimento. Outros testes deverão ser realizados com esse propósito. A escolha da solução fria adequada para os produtos a serem congelados também é um item que merece especial atenção por parte dos pesquisadores envolvidos.

As vantagens atribuídas ao processo realmente são notórias, pois, como alternativa ao congelamento por ar frio, o congelamento por contato direto oferece alta taxa de transferência de calor, baixo custo de equipamento e de operação, redução na perda de massa do produto por desidratação e elimina o problema de degelo das serpentinas evaporadoras associado ao congelamento por ar frio.

O aproveitamento dessa técnica para o congelamento de batata à francesa frita parece oportuno porque o produto é consumido com um teor razoável de sal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Todas as ações de pesquisa foram conduzidas nas dependências do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, órgão da Secretaria de Negócios da Agricultura e Abastecimento - Governo do Estado de São Paulo.

3.1. Matéria-prima

Foi recebido no laboratório, para processamento e avaliação, um lote de 120 quilos de batatinha (*Solanum tuberosum*, L.), cultivar Bintje, proveniente da região de Itatiba, Estado de São Paulo, através de um produtor cooperado da Cooperativa Agrícola de Cotia.

O cultivar Bintje foi selecionado para a execução do presente trabalho por ser o cultivar com maior produção e comercialização em todo o Brasil, e por possuir características favoráveis para obtenção do produto final em estudo, conforme SPIESS *et alii* (1975) e PASCHOALINO *et alii* (1975). A pureza da matéria-prima, quanto a mistura de cultivares, ficou atestada

pelo fornecimento das sementes ao produtor, realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, em seu Programa Nacional da Batata.

As amostras recebidas tinham sido colhidas no mesmo dia da chegada ao laboratório e todo o material foi processado dentro de um período máximo de cinco dias após o recebimento.

3.2. Caracterização da matéria-prima

3.2.1. Caracterização física da matéria-prima

Uma amostra de cem (100) batatinhas foi tomada aleatoriamente do lote e, em cada tubérculo foram efetuadas as seguintes determinações físicas:

- a) Comprimento do tubérculo (com auxílio de paquímetro);
- b) Diâmetro maior do tubérculo (com auxílio de paquímetro);
- c) Diâmetro menor do tubérculo (com auxílio de paquímetro);
- d) Peso do tubérculo (balança com precisão de 0,1 gramas);
- e) Densidade real do tubérculo (soluções de NaCl de concentrações conhecidas).

Foram preparadas dez soluções de cloreto de sódio em concentrações abrangendo de 6% até 15% (m/m) de soluto e com intervalos de 1% (m/m) na concentração. Por tentativa, cada tubérculo foi mergulhado nas soluções até se encontrar aquela em que o tubérculo permanecia abaixo da superfície e sem tocar o fundo do recipiente. Após cada tentativa, o tubérculo foi lavado em água corrente e enxuto com papel absorvente. Considerou-se a densidade do tubérculo igual a da solução em que ocorria o fenômeno. A densidade das soluções foi determinada por densímetro, com as devidas correções de temperatura.

f) Densidade aparente da batatinha - em recipiente de volume conhecido (10 litros) os tubérculos foram acondicionados e a massa do material foi determinada. O quociente entre a massa do material e o volume do recipiente está expresso em g/cm^3 .

Os resultados obtidos nas determinações físicas foram avaliados estatisticamente quanto à média, desvio-padrão, e coeficiente de variação.

3.2.2. Caracterização química da matéria-prima

Para caracterização química foi colhida, ao acaso, uma amostra de aproximadamente 5kg da matéria-prima em estudo e nesse material foram efetuadas as análises a seguir citadas, com as respectivas referências de metodologia.

a) pH: foi determinado por método potenciométrico. Resultados expressos em unidades de pH.

b) Acidez total titulável: foi determinada por titulação, segundo método de referência número 22060 da "Association of Official Analytical Chemists" AOAC (1975). Resultados expressos em ml de NaOH 0,1N por 100 gramas do produto.

c) Sólidos solúveis: foram determinados por refratômetro. Resultados expressos em porcentagem (m/m).

d) Umidade (substâncias voláteis): foi determinada por aquecimento direto a $98 - 100^{\circ}\text{C}$ e a vácuo (pressão $< 25\text{mm Hg}$), segundo método de referência número 15010 da "Association of Official Analytical Chemists" AOAC (1975). Resultados expressos em porcentagem (m/m).

e) Sólidos totais: foram determinados pela diferença (100 - teor de umidade). Resultados expressos em porcentagem (m/m).

f) Açúcares redutores e totais: foram determinados pelo método gravimétrico de Munson-Walker, de referência número 31.038 da "Association of Official Analytical Chemists" AOAC (1980).

g) Cloreto de sódio: foi determinado com solução de AgNO_3 de acordo com COTLOVE *et alii* (1958). Resultados expressos em porcentagem (m/m).

h) Matéria graxa (extrato etéreo): foi determinada por extração com éter de petróleo, segundo o método de referência Bc 3-49 da "American Oil Chemists Society" AOCS (1974). Resultados expressos em porcentagem (m/m).

As análises químicas foram efetuadas com um mínimo de três repetições.

3.3. Processamento

As operações integrantes do processamento da batata parcialmente frita e congelada são apresentadas no Fluxograma Básico de Processamento (FIGURA 1). Os tubérculos recebidos foram inicialmente descascados por abrasão em equipamento com disco abrasivo giratório que também efetuou a lavagem da batata, com tempo de permanência de aproximadamente 1 minuto. Seguiu-se a operação manual de acabamento, consistindo na retirada de "olhos", partes verdes, apodrecidas e/ou com outros defeitos, por meio de facas especiais. A seleção manual, realizada em esteira apropriada, teve como descarte os tubérculos com defeitos em grande extensão, a ponto de impossibilitar o seu aproveitamento. A operação de corte dos tubérculos, em pedaços de formato paralelepipedal, com secção transversal de 11 x 11mm foi efetuada em equipamento apropriado, com acionamento manual, sendo os tubérculos orientados no corte de forma a se obter as fritas de maior comprimento possível. A escolha das dimensões da secção transversal das fritas foi baseada no padrão do USDA

FIGURA 1 - Fluxograma básico de processamento de batatinha parcialmente frita e congelada em túnel de congelamento e por imersão direta em solução fria.

para batatas fritas congeladas (FEDERAL REGISTER, 1967). Em seguida foi feita uma seleção manual dos pedaços, descartando-se aqueles com comprimento inferior a 2,5cm e os pedaços com formato irregular (FEDERAL REGISTER, 1967). Os pedaços selecionados foram submetidos a operação de branqueamento em tacho aberto com água fervente, por um período de 2,5 minutos. O tempo de branqueamento utilizado representa o período mínimo necessário para inativação do sistema enzimico da batata determinado pelo teste rápido de peroxidase por papel de filtro impregnado de ortotolidina, segundo MORRIS (1958). Além da inativação do sistema enzimico da batatinha, o branqueamento teve como função a distribuição dos açúcares redutores presentes na superfície dos pedaços, de forma a prevenir o escurecimento em áreas de concentração de açúcares, durante a operação de fritura (FEUSTEL *et alii*, 1963). Imediatamente após o branqueamento seguiu-se o resfriamento dos pedaços em tanque com água corrente até a temperatura ambiente.

Desde o descascamento até a operação de branqueamento, em cada intervalo entre as operações de processamento, os tubérculos foram mantidos imersos em água, evitando-se o contato do material com o oxigênio do ar que pode acelerar os processos oxidativos, resultando no escurecimento da superfície das batatinhas.

Após o resfriamento, os pedaços foram encaminhados a um secador de bandejas, operando com ar circulante a temperatura de 60°C, e aí permaneceram durante um período de 3 a

4 minutos, tempo suficiente para eliminar o excesso de água aderida à superfície dos pedaços. Essa água em excesso pode provocar uma sobrecarga na operação de fritura e prejudicar a textura das fritas (GOULD, 1954). Seguiu-se a fritura dos pedaços acondicionados em cestos de arame próprios do equipamento de fritura provido de termostato, com óleo de milho aquecido por resistência elétrica, na proporção de 20 partes de óleo para uma parte do produto. Esta relação foi apropriada para manter a temperatura do óleo praticamente estável durante toda a operação de fritura. Foi mantida a temperatura de 180°C no óleo de fritura por ser a temperatura mais alta que pode ser utilizada sem que o óleo entre na fase de rápida deterioração (FEUSTEL, *et alii*, 1963). A fritura parcial, anterior ao congelamento, por um período de 1,5 minutos, permite a obtenção de uma textura adequada no produto final. Após a fritura parcial, o produto foi colocado sobre papel absorvente para a drenagem do excesso de óleo aderido à superfície dos pedaços. A operação de congelamento da batatinha parcialmente frita foi conduzida por dois métodos distintos: em túnel de congelamento com ar frio circulante, representando as condições que as indústrias ligadas ao ramo possuem e o congelamento por imersão direta em solução fria.

3.3.1. Congelamento em túnel com ar frio

Unidade de congelamento - equipamento em escala piloto, não contínuo, com controle de velocidade e sentido do fluxo de ar e temperatura de operação até -40°C.

Procedimento para o congelamento em túnel - os pedaços previamente fritos foram distribuídos em camada única sobre bandejas de aço inoxidável com o fundo perfurado e o conjunto foi introduzido no equipamento de congelamento operando com fluxo de ar paralelo ao plano das bandejas, a uma velocidade de 120 metros por minuto e com temperatura de -30°C . Elementos sensíveis de termopares foram previamente posicionados no centro geométrico das fritas, sendo as temperaturas registradas em aparelho conectado aos termopares com intervalo de 30 segundos entre os registros. O ponto final de congelamento foi fixado no ponto em que a temperatura no centro do produto atingiu $-6,67^{\circ}\text{C}$ (20°F), quando 90% da água do material já estaria congelada, segundo HAYAKAWA (1973).

3.3.2. Congelamento em solução fria

Unidade de congelamento - consistia de um compartimento dotado de isolamento térmico, com capacidade de 500 litros, acoplado ao necessário equipamento de refrigeração e bombas de transferência. Dentro do compartimento foram colocados 350 litros de solução água-álcool, a 36% (m/m) de etanol, com ponto de congelamento estimado a -23°C , segundo ROBERTSON *et alii* (1976) (FIGURA 2). Essa solução alcoólica foi resfriada a -20°C e mantida a essa temperatura, sob o controle de um termóstato, circulando por um intercambiador de calor componente da unidade de refrigeração. Ainda dentro do compartimento, foi colocado um recipiente de paredes de aço inoxidável, com capacidade

FIGURA 2 - Curva dos pontos de congelamento de soluções água-álcool em diferentes concentrações de etanol.

Fonte: ROBERTSON *et alii* (1976).

de 80 litros, com o fundo apoiado no piso do compartimento e com abertura da parte superior em nível mais alto que a superfície da solução alcoólica, permanecendo circundado por esta solução. Nesse recipiente foi colocada salmoura a 21% (m/m) de NaCl, com ponto de congelamento estimado a $-18,5^{\circ}\text{C}$, segundo ROBERTSON *et alii* (1976) (FIGURA 3). Ao recipiente foi acoplado um agitador com pás em forma de hélice, que provia uma agitação vigorosa em toda a massa da solução de NaCl, favorecendo a transferência de calor entre as soluções e entre a salmoura e o produto,

O conjunto, em regime de operação contínua, apresentou uma temperatura da solução alcoólica de $-20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e temperatura da solução de cloreto de sódio de $-18^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Ressalte-se que a unidade de congelamento utilizada neste trabalho foi adaptada para operar com as soluções alcoólica e de cloreto de sódio de modo a se evitar a possível corrosão que haveria com a circulação de salmoura dentro das tubulações do equipamento. Porém, os trabalhos de ROBERTSON *et alii* (1976) e CIPOLLETTI *et alii* (1977) já discutem um tipo de equipamento contínuo, apropriado para as instalações industriais, podendo operar com qualquer solução aquosa resfriada.

Procedimento para congelamento por imersão - os pedaços, previamente fritos, foram colocados em cestos de tela de aço inoxidável providos de tampa móvel e com um cabo fixo para introduzir e retirar o cesto da solução. Em cada operação,

FIGURA 3 - Curva dos pontos de congelamento de soluções de cloreto de sódio em diferentes concentrações.

Fonte: ROBERTSON *et alii* (1976).

o cesto era carregado com aproximadamente 2kg de fritas e mergulhado na salmoura sob agitação a -18°C . Elementos sensíveis de termopares foram previamente posicionados no centro geométrico das fritas, sendo as temperaturas registradas em aparelho conectado aos termopares com intervalo de 10 segundos entre os registros. O ponto final de congelamento foi fixado em $-6,67^{\circ}\text{C}$ (20°F), temperatura em que 90% da água existente no produto já estaria congelada, segundo HAYAKAWA (1973). Imediatamente após o período de imersão, o produto foi submetido a centrifugação, em centrífuga de cesto com diâmetro de 30,48cm (12 polegadas), por um período de 30 segundos, a 500 rotações por minuto ($42,6 \times G$) para eliminar o excesso de solução aderida à superfície dos pedaços.

Os produtos obtidos pelos dois métodos de congelamento foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, com espessura de 80 micra, contendo aproximadamente 300 gramas do produto por embalagem. O material foi armazenado em câmara a -25°C , aguardando a sua avaliação de qualidade.

Os rendimentos nas fases de preparação da matéria-prima para congelamento e nos dois métodos de congelamento estudados foram tomados através da pesagem do produto antes e após cada uma das operações integrantes do processamento. Os resultados foram expressos em porcentagem (m/m) sobre a matéria-prima.

3.4. Avaliação do produto final

O produto final obtido pelos dois métodos de

congelamento foi avaliado em seus atributos químicos, físicos e organolépticos aos tempos zero e sessenta dias após o processamento.

Preparo do material para avaliação - O produto parcialmente frito e congelado foi submetido a fritura final em cestos de aço inoxidável mergulhado em óleo de milho aquecido por resistência elétrica. Foi mantida a relação de uma parte do produto congelado para 20 partes de óleo, para que a temperatura do óleo se mantivesse praticamente estável a 180°C durante a operação de fritura. O tempo de residência do produto no fritador foi determinado experimentalmente, fixando-se 3,5 minutos como tempo ideal de operação. Esse período ideal de fritura deve representar o ponto exato em que o desenvolvimento da coloração das fritas, que se torna mais desejável à medida em que se estende a fritura, não prejudique a textura do produto, pois com o prosseguimento da operação, observa-se a separação entre a crosta superficial e a parte macia do interior das fritas. Após a fritura, o material foi colocado sobre papel absorvente para drenagem do excesso de óleo aderido à superfície das fritas.

3.4.1. Análises químicas

Em amostra colhida aleatoriamente do lote de produto preparado para consumo, foram efetuadas as determinações químicas a seguir relacionadas, com as respectivas referências de metodologia.

- a) pH: conforme descrito no item 3.2.2.-a.
- b) Sólidos solúveis: conforme descrito no item 3.2.2.-c.
- c) Umidade (substâncias voláteis): conforme descrito no item 3.2.2.-d.
- d) Sólidos totais: conforme descrito no item 3.2.2.-e.
- e) Açúcares redutores e totais: conforme descrito no item 3.2.2.-f.
- f) Cloreto de sódio: conforme descrito no item 3.2.2.-g.
- g) Matéria graxa (extrato etéreo): conforme descrito no item 3.2.2.-h.
- h) Ácidos graxos livres: foram determinados por titulação com alcali (KOH) segundo o método de referência Ca 5a - 40 da "American Oil Chemists' Society", AOCS (1974). Resultados expressos em porcentagem (m/m).
- i) Índice de peróxido: foi determinado por oxidação de iodeto de potássio, conforme método de referência Cd 8 - 53 da "American Oil Chemists' Society", AOCS (1974). Resultados expressos em miliequivalentes de peróxido por 100 gramas da amostra.

As análises químicas foram efetuadas com um mínimo de três repetições.

3.4.2. Análises físicas

Foram determinadas objetivamente a cor e a textura das fritas, após o preparo final para consumo, aos tempos zero e sessenta dias após o processamento.

a) Cor: As avaliações de cor das batatas fritas, após o preparo final para consumo, foram efetuadas por meio do colorímetro de três estímulos: "Hunterlab - Color Difference Meter". As fritas foram empilhadas em três camadas superpostas e cruzadas no sentido do seu comprimento, de modo a se obter uma superfície homogênea sobre a placa de vidro ótico. Os resultados são expressos em valor de L (luminosidade); a (negativo = verde; positivo = vermelho) e b (amarelo). As determinações foram efetuadas com um mínimo de duas repetições. As condições de análise foram baseadas nas recomendações de FERREIRA (1981).

b) Textura: Para as determinações objetivas de textura das fritas foi utilizado o instrumento "L.E.E. - Kramer - Texture Testing System", acoplado a um registrador automático de variações de força, operando com a célula padrão de cisalhamento e compressão, com 10 lâminas de 1/8 polegada de espessura e ângulos de 90°. O instrumento estava provido de um anel de prova de 300 libras e a velocidade de descida do pistão foi de 8 centímetros por minuto.

As amostras foram colocadas na célula de teste em camada única, sendo utilizadas 6 fritas para o completo preenchimento de célula. As condições de operação do instrumento, em termos de célula de cisalhamento e compressão utilizada e de introdução das amostras a serem testadas, foram baseadas nas conclusões de ROSS e PORTER (1966).

As determinações foram efetuadas com 4 repetições, em amostras tomadas aleatoriamente dos lotes de produto final, aos tempos de 3, 6 e 9 minutos após a fritura final. Segundo as recomendações do padrão para fritas congeladas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (FEDERAL REGISTER, 1967), as determinações de textura devem ser efetuadas a um prazo máximo de 3 minutos após o preparo para consumo. As determinações aos tempos de 6 e 9 minutos foram realizadas para se verificar o comportamento da textura das fritas com o resfriamento.

Os dados apresentados correspondem a valores da força máxima de cisalhamento por grama de amostra. A pesagem das amostras em teste foi efetuada após a determinação dos valores de cisalhamento para que não fossem prejudicadas as leituras aos tempos exatos pré-determinados. Os resultados são apresentados em quilograma-força por grama de amostra, acompanhados do desvio-padrão correspondente.

3.4.3. Análises organolépticas

Foram avaliadas subjetivamente a preferência geral entre as amostras de batata frita congelada pelos dois

métodos distintos, a zero dia de armazenamento e também a cor, sabor, textura da crosta e consistência interna das fritas aos tempos zero e sessenta dias após o processamento.

a) Avaliação da preferência geral: As amostras dos produtos finais obtidos pelos dois métodos de congelamento em estudo, após seu preparo final para consumo, foram servidas em pratos brancos codificados a uma equipe de vinte provadores com experiência em análise sensorial. A preferência geral foi expressa por meio de uma escala de 1 a 7 pontos, com os conceitos correspondentes aos extremos "gostei muito" e "desgostei muito" (FIGURA 4). Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente por meio da análise de variância paramétrica, segundo MORAES (1978).

b) Avaliação da cor, sabor, textura da crosta e consistência interna: As amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento foram fritas e servidas a uma equipe de sete provadores treinados em avaliação de batatinhas fritas com um intervalo de três minutos entre a operação de fritura e a degustação. Cada amostra foi avaliada isoladamente quanto aos atributos de cor, sabor, consistência interna e textura da crosta, conforme os modelos de fichas apresentados nas FIGURAS 5, 6 e 7, adaptadas de SPIESS *et alii* (1975). Para avaliação da cor das fritas, as amostras foram colocadas em bandejas de ágata branca em cabine de luz "Super Skylight" da "Mac Beth" com temperatura de cor de 7400°K, ou seja, a luz do dia. Para avaliação do sabor

e textura, cada amostra foi servida aos provadores em pratos brancos codificados com números de três dígitos. Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente através da análise de variância paramétrica, conforme MORAES (1978). A avaliação organoléptica de cor, sabor e textura das fritas foi efetuada aos tempos zero e sessenta dias de armazenamento com uma repetição em cada época.

FIGURA 4 - Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto à preferência geral.

Nome: _____ Data: _____

Produto: _____ Série: _____

Instruções:

Você irá receber _____ amostras para provar e dizer o quanto gostou ou desgostou em relação à preferência geral, usando os termos da escala abaixo. Assinale com X na quadrícula correspondente a sua preferência pela amostra codificada.

Escala	Preferência geral
Gostei muito	
Gostei	
Gostei pouco	
Não gostei nem desgostei	
Desgostei pouco	
Desgostei	
Desgostei muito	

Comentários: _____

FIGURA 5 - Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto à cor.

Nome: _____ Data: _____
Série: _____

Por favor, avalie a cor das amostras de batata frita, conforme escala abaixo.

Grau de Qualidade	Cor
_____ Excelente	- Uniforme, amarelo-dourado
_____ Muito bom	- Uniforme, amarelo-claro
_____ Bom	- Uniforme, amarelo-amarronzado
_____ Satisfatório	- Ligeira desuniformidade
_____ Regular	- Muito claro ou muito escuro
_____ Suficiente	- Listrado, ligeiramente vítreo
_____ Deficiente	- Vítreo, parcialmente marrom escuro
_____ Ruim	- Vítreo, parcialmente manchado de escuro
_____ Muito ruim	- Vítreo, descoloração atípica preto-cinza
Comentários: _____	

FIGURA 6 - Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto ao sabor.

Nome: _____ Série: _____
Data: _____

Por favor, avalie o sabor das amostras de batata frita, conforme escala abaixo.

Grau de Qualidade	Sabor
_____ Excelente	- Típico da variedade - intenso
_____ Muito bom	- Típico da variedade - agradável
_____ Bom	- Típico - sem sabor estranho
_____ Satisfatório	- Fraco - um pouco estranho
_____ Regular	- Fraco - ligeiramente a cru ou ligeiramente a sabor de terra
_____ Suficiente	- Fraco - ligeiramente mofado, amargo ou doce
_____ Deficiente	- Desagradável estranho-amargo ou doce
_____ Ruim	- Desagradável estranho-ranço
_____ Muito ruim	- Desagradável estranho-mofado

Comentários: _____

FIGURA 7 - Modelo de ficha utilizada na avaliação das amostras quanto à consistência interna e textura da crosta.

Nome: _____ Série: _____

Data: _____

Por favor, avalie a consistência e a textura da crosta das amostras de batata frita, conforme escala abaixo.

Grau de Qualidade	Consistência - crosta
_____ Excelente	- Uniformemente macia e crocante
_____ Bom	- Ligeiramente dura e menos uniforme, mas ainda agradável
_____ Satisfatório	- Menos macia, menos uniforme mas ainda atraente
_____ Regular	- Pouco mole ou pouco dura
_____ Suficiente	- Quase sem crosta, ligeiramente consisten- te
_____ Deficiente	- Sem crosta
_____ Ruim	- Muito mole ou muito dura
_____ Muito ruim	- Coriáceo, não mais mastigáveis

Comentários: _____

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características da matéria-prima

Quanto aos atributos físicos da matéria-prima, os dados apresentados na TABELA 1 revelam que as dimensões médias de comprimento, diâmetro maior e diâmetro menor encontrados nos tubérculos estão dentro de valores aceitáveis para o processamento de fritas francesas, cujo comprimento mínimo deve ser de 2,54cm (1 polegada), conforme o padrão do FEDERAL REGISTER (1967). A variação encontrada dentro do lote também é razoável, com valores de coeficiente de variação entre 11,86% e 18,28%. O valor médio encontrado para a massa dos tubérculos foi de 101,70g, considerado normal para o cultivar estudado. O coeficiente de variação para esse item apresenta-se muito alto, o que indica uma grande variação no formato dos tubérculos, visto que a densidade real teve pequena variação e as dimensões também não variaram muito. A densidade real encontrada ($1,0700\text{g/cm}^3$) corresponde um teor de sólidos totais de 19,70%, o que está de acordo com os dados obtidos por PASCHOALINO *et alii* (1982). A densidade aparente apresentou valores médios com pequenas variações.

TABELA 1 - Atributos físicos da batatinha cultivar Bintje, determinados em amostra de 100 tubérculos.

Atributos	Média	Desvio-padrão	Coefficiente de variação
Comprimento (cm)	6,73	1,23	18,28%
Diâmetro maior (cm)	5,48	0,65	11,86%
Diâmetro menor (cm)	4,71	0,58	12,31%
Massa (g)	101,70	40,98	40,29%
Densidade real (g/cm ³)	1,0700	0,0081	0,76%
Densidade aparente (g/cm ³)	0,620	0,012	1,94%

Quanto aos atributos químicos da matéria-prima, cujos valores se encontram na TABELA 2, vale ressaltar o teor de sólidos totais e de açúcares redutores apresentados pelos tubérculos. O teor de sólidos totais encontrado (19,70%), apesar de não corresponder à exigência prescrita por FEUSTEL *et alii* (1963), onde os tubérculos devem ter no mínimo 20% de sólidos totais para se conseguir fritas de boa qualidade, representa o teor médio que a cultivar Bintje apresenta em nossas condições. O teor de açúcares redutores está dentro da faixa adequada para o processamento de fritas, segundo TRESSLER *et alii* (1968) que apontam problemas de escurecimento irregular das fritas quando os açúcares redutores ultrapassam 3% do teor de sólidos totais do tubérculo.

4.2. Características da transferência de calor

A FIGURA 8 mostra as curvas de resfriamento e congelamento da batatinha semi-frita para os dois métodos de congelamento utilizados no estudo. Verifica-se que em ambas as curvas distingue-se perfeitamente um período de pré-resfriamento, um período de rápida mudança de fase, e um período de lenta mudança de fase, períodos esses típicos em congelamento de vegetais por circulação forçada de ar. Para o congelamento em túnel com ar frio a -30°C e velocidade de 120m/min., o tempo requerido para a fase de pré-resfriamento (de $+25^{\circ}\text{C}$ até aproximadamente -3°C) foi de 2 minutos, iniciando-se aí o período de rápida cristalização da água. Um período adicional de aproximadamente

TABELA 2 - Atributos químicos da batatinha cultivar Bintje, determinados em amostra da matéria-prima, com um mínimo de três repetições.

Atributos	Unidade	Valor médio
pH	unidade de pH	5,90
Acidez total titulável	ml de NaOH 0,1N/100g produto	28,00
Sólidos solúveis	%	7,20
Sólidos totais	%	19,70
Umidade	%	80,30
Açúcares redutores	%	0,40
Açúcares totais	%	3,00
Cloreto de sódio	%	0,15
Matéria graxa	%	0,07

FIGURA 8 - Temperatura do centro geométrico das fritas submetidas a congelamento em túnel com circulação forçada de ar e por contato direto com salmoura.

4,5 minutos foi necessário para que o centro geométrico das fritas atingisse a temperatura de $-6,67^{\circ}\text{C}$ (20°F), ponto este em que 90% do conteúdo de água do produto já estaria congelado, segundo HAYAKAWA (1973). Um resfriamento posterior do produto até -14°C tomou cerca de um minuto, mantendo-se a curva com a mesma inflexão, pois a força motriz correspondia ainda a um diferencial de temperatura de 16°C (-14°C no centro geométrico do produto e -30°C no meio de transferência de calor).

Para o congelamento das fritas por contato direto com solução a 21% (m/m) de NaCl e mantida a -18°C , nota-se um período de pré-resfriamento (de 25°C até -4°C) com duração de um minuto, metade do tempo requerido para a operação em túnel com ar frio. A fase de cristalização da água, considerada final ao ponto de $-6,67^{\circ}\text{C}$ (20°F) foi atravessada com a duração de um minuto, cerca de quatro vezes e meia menor que o tempo necessário para se atingir a mesma fase no processo com ar frio. O resfriamento posterior até -12°C foi alcançado com um período adicional de 10 segundos, porém, a partir desse ponto, já se nota uma nova inflexão da curva, demonstrando que o processo de resfriamento a temperaturas mais baixas seria bem vagaroso, pois o diferencial de temperatura já se situa em apenas 6°C (-18°C na solução e -12°C no centro geométrico do produto).

Considerando-se o tempo requerido para o pré-resfriamento e o congelamento de 90% da água contida no produto, verifica-se que o processo de congelamento em túnel com ar frio

teve a duração de 6,5 minutos, enquanto o processo de congelamento por contato direto com a solução fria apresentou um período de 2 minutos para alcançar a mesma fase. Isso representa uma taxa de transferência de calor, 3,25 vezes mais eficiente para o processo de imersão, mesmo em condições que favoreciam a troca de calor no processo do túnel (ΔT inicial no túnel = 55°C - ΔT inicial na salmoura = 43°C). Os dados encontrados estão de acordo com MOTT (1964) que relatou valores de coeficiente de película (hs) de cerca de $39 \text{ Kcal/h } ^{\circ}\text{C m}^2$ ($8 \text{ BTU/h } ^{\circ}\text{F ft}^2$) para o ar a $609,6 \text{ m}$ (200 pés por minuto) e de $146,4$ a $244 \text{ Kcal/h } ^{\circ}\text{C m}^2$ (30 a $50 \text{ BTU/h } ^{\circ}\text{F ft}^2$) para soluções de cloreto de cálcio.

4.3. Características da transferência de massa

As FIGURAS 9 e 10 apresentam os rendimentos obtidos nas diferentes operações integrantes dos dois métodos de congelamento. A transferência de massa ocorrida na fase preparatória para o congelamento não será discutida aqui, somente sendo avaliadas as variações ocorridas após o produto parcialmente frito e pronto para o congelamento.

A operação de congelamento em túnel com ar frio levou a uma desidratação da batatinha pré-frita da ordem de $0,3\%$ em relação a massa de matéria-prima e da ordem de $1,0\%$ em relação à massa de material que entrou para o congelamento. O congelamento em solução fria proporcionou às fritas, um ganho de massa da ordem de $2,0\%$ em relação à matéria-prima e de cerca de $6,2\%$ quanto ao material que entrou para o congelamento. A

FIGURA 9 - Rendimentos verificados nas diversas fases de processamento da batatinha semi-frita e congelada em túnel com ar frio (% m/m).

FIGURA 10 - Rendimentos verificados nas diversas fases de processamento da batatinha semi-frita e congelada em salmoura (% m/m).

centrifugação do material congelado com solução fria provocou uma perda de massa do produto de cerca de 0,8%, em relação à matéria-prima e de 2,3% em relação ao material que entrou na operação. Como balanço final de massa, verifica-se que o processo de imersão em solução fria apresentou um rendimento em produto semi-frito e congelado da ordem de 1,5% superior ao processo de túnel com ar frio, com relação a massa de matéria-prima.

Os dados referentes à absorção de cloreto de sódio por parte das fritas congeladas em solução fria são apresentados na TABELA 3, comparando seus valores àqueles obtidos com o produto congelado em túnel com ar frio. Imediatamente após congelamento, as fritas imersas em solução apresentaram um teor de cloreto de sódio quase cinco vezes maior que as fritas submetidas ao túnel. Quando submetidas a centrifugação, as fritas congeladas por imersão apresentaram uma redução no teor de soluto da ordem de 18,23%. Esta significativa redução no teor de soluto está relacionada à grande quantidade de solução que adere à superfície do produto, e que não se libera por drenagem natural devido à alta viscosidade da solução.

Com o preparo do material para consumo, que compreendeu a fritura da batatinha em óleo a 180°C, por um período de 3,5 minutos, o teor de cloreto de sódio foi de 0,64% para o método de túnel e 2,34% para o método de imersão, na avaliação imediatamente após o congelamento. A avaliação aos sessenta dias de armazenamento revelou valores ligeiramente acima para

TABELA 3 - Teor de cloreto de sódio, expresso em gramas de NaCl por 100 gramas da amostra, na batatinha submetida aos dois métodos de congelamento, em diferentes fases do processamento e do armazenamento.

Métodos de congelamento	Fases do processamento e armazenamento				
	Matéria-prima	Após congelamento	Após centrifugação	Após fritura final	
				zero dia armazenamento	60 dias armazenamento
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min.	0,15	0,41	—	0,64	0,68
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C	0,15	1,92	1,57	2,34	2,50

os dois métodos de congelamento, condicionados pela perda de umidade por evaporação durante o período de armazenamento.

Como ponto de comparação pode-se citar que a concentração de cloreto de sódio utilizada nas salmouras de enchimento de vegetais enlatados é de 1,5 a 2,0% (JOSLYN e TIMMONS, 1967). WATT e MERRILL (1963) estimam um teor de 0,6% de sal nos vegetais enlatados e valores da ordem de 2 a 2,5% de sal nas sopas prontas. ROBERTSON *et alii* (1976) encontraram um teor de 2,19% de cloreto de sódio em amostras de cenoura congelada por contato direto com solução a 23% (m/m) de NaCl, após o cozimento final para consumo.

Como a batata frita é consumida com sal aspergido em sua superfície, o teor de soluto encontrado no produto congelado por imersão não deveria constituir obstáculo para sua aceitação organoléptica.

A absorção de matéria graxa durante as operações de fritura parcial e final está representada na TABELA 4. O produto semi-frito e congelado em túnel com ar frio apresentou um teor de 3,72g de matéria graxa por 100 gramas de amostra. A batatinha semi-frita e congelada em salmoura apresentou um teor de matéria graxa mais baixo (3,46%) porque o material absorveu solução durante a operação de congelamento. Os resultados estão de acordo com FEUSTEL e KUENEMAN (1967) que relatam um valor médio de 4,0% de matéria graxa para as batatas parcialmente fritas

TABELA 4 - Teor de matéria graxa, expresso em gramas de matéria graxa por 100 gramas de amostra, na batatinha submetida aos dois métodos de congelamento, em diferentes fases do processamento e do armazenamento.

Métodos de congelamento	Fases do processamento e armazenamento				
	Matéria-prima	Após fritura parcial e congelamento	Após centrifugação	Após fritura final	
				zero dia	60 dias
				armazenamento	armazenamento
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min.	0,07	3,72	—	11,83	11,91
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C.	0,07	—	3,46	15,21	14,76

e congeladas. O teor de matéria graxa do produto após a fritura final, a zero dia de armazenamento foi de 11,83% para o congelamento em túnel e de 15,21% para o congelamento em salmoura. O maior teor encontrado para o congelamento em salmoura pode ser explicado pelo maior teor de umidade que estas fritas apresentavam ao ser iniciada a fritura, ocorrendo uma evaporação mais intensa e maior absorção de matéria graxa (BENES *et alii*, 1941). Com sessenta dias de armazenamento, os teores de matéria graxa do produto congelado pelos dois métodos de congelamento estudados ficaram próximos daqueles valores obtidos com zero dia de armazenamento.

4.4. Avaliação do produto final

4.4.1. Atributos químicos

Observando-se os produtos obtidos pelos dois métodos de congelamento, quanto a seus atributos químicos apresentados na TABELA 5, nota-se um maior valor de acidez (menor valor de pH) na amostra congelada em solução fria, ao tempo zero dia de armazenamento. Com o decorrer do armazenamento, houve um decréscimo nos valores de acidez com o correspondente acréscimo de pH para as duas amostras, embora o teor de ácidos graxos livres tenha aumentado em ambas. Pelos valores de umidade, pode-se verificar que durante o armazenamento houve uma perda maior de água por parte da amostra congelada em solução fria que, inicialmente, apresentou um valor de umidade mais alto. O fato pode ser explicado pela presença de um filme de solução aderente

TABELA 5 - Atributos químicos da batatinha frita obtida por dois métodos distintos de congelamento, após a fritura final, a zero e 60 dias de armazenamento.

Atributos	Métodos de congelamento			
	Túnel com ar a -30 C e velocidade de 120m/min.		Solução de NaCl a 21% (m/m) a -18 C	
	zero dia armazenamento	60 dias armazenamento	zero dia armazenamento	60 dias armazenamento
pH	5,83	5,89	5,31	5,77
Sólidos solúveis (%)	20,00	21,20	26,00	26,80
Sólidos totais (%)	47,36	50,48	46,14	53,80
Umidade (%)	52,64	49,52	53,86	46,20
Açúcares redutores (%)	0,54	0,30	0,44	0,30
Açúcares totais (%)	0,80	1,37	0,79	1,30
Cloreto de sódio (%)	0,64	0,84	2,34	2,50
Matéria graxa (%)	11,83	11,91	15,21	14,76
Ácidos graxos livres (%)	0,176	0,235	0,190	0,350
Índice de peróxido (meq/100g da amostra)	5,76	6,50	6,53	10,50

à superfície das fritas congeladas em solução e que está sujeito a uma evaporação mais intensa durante o armazenamento. Os valores de cloreto de sódio e matéria graxa encontrados nas amostras já foram comentados anteriormente. Algumas informações interessantes são verificadas na interpretação dos valores encontrados em ácidos graxos livres e índice de peróxido. A zero dia de armazenamento já se notava valores superiores para os dois indicadores da rancidez da matéria graxa na amostra congelada em solução de cloreto de sódio. Com sessenta dias de armazenamento, os valores foram substancialmente mais elevados para a amostra congelada em salmoura, demonstrando o efeito do sal na aceleração das reações envolvidas no processo da rancificação. Esse início de rancidez não foi notado na avaliação sensorial da amostra, o que era esperado porque as fritas, em condições normais de mercado, apresentam um teor de ácidos graxos livres entre 0,4% e 0,7%, segundo FEUSTEL e KUENEMAN (1967), sem nenhuma alteração de sabor ou odor.

4.4.2. Atributos físicos

a) Cor: Os resultados das determinações objetivas da cor das batatinhas, após a fritura final, são apresentados na TABELA 6. Pode-se notar que, a zero dia de armazenamento, a amostra congelada em túnel com circulação forçada de ar apresentou um maior valor de luminosidade ($L = 66,3$) e um certo teor de verde ($a = -1,4$) que não apareceu na amostra congelada em salmoura. A amostra congelada em solução fria apresentou menor

TABELA 6 - Resultados das determinações objetivas de cor das amostras de batatinha frita obtidos pelos dois métodos de congelamento, a zero e 60 dias de armazenamento.

Métodos de congelamento	zero dia de armazenamento	60 dias de armazenamento
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min.	L: 66,3 a: -1,4 b: 27,4	L: 63,0 a: -1,7 b: 27,6
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C	L: 62,2 a: 1,0 b: 27,2	L: 59,6 a: 2,8 b: 27,2

L: = luminosidade

a: negativo = verde
positivo = vermelho

b: negativo = azul
positivo = amarelo

luminosidade ($L = 62,2$) e um teor de vermelho ($a = 1,0$) sendo os valores de amarelo (b) semelhantes para ambas as amostras. Os resultados apontam uma cor mais atraente para a amostra congelada em salmoura, com maior teor de vermelho, o que significa uma tendência para o amarelo dourado, sendo esta a cor desejável em batatinhas fritas, conforme o FEDERAL REGISTER (1967). A avaliação sensorial dos produtos acusou essa diferença, manifestando-se a preferência pela amostra congelada em salmoura. Com sessenta dias de armazenamento ambas as amostras perderam em teor de luminosidade e se mostraram semelhantes quanto aos teores de vermelho e amarelo. A avaliação sensorial não apresentou diferenças significativas entre as amostras.

b) Textura: Os resultados das determinações objetivas da textura da crosta das batatinhas fritas, através do "Shear Press", estão relacionados na TABELA 7. De acordo com os estudos desenvolvidos por ROSS e PORTER (1966), a força máxima de cisalhamento obtida no pico mais alto da curva de cisalhamento do "Shear Press", representa a crocanticidade da crosta das fritas. Os resultados obtidos com as amostras em estudo revelaram uma crocanticidade maior de crosta para as fritas congeladas em túnel com circulação forçada de ar. O fato foi verificado nas amostras analisadas com 3, 6 e 9 minutos após a fritura final em ambas as épocas de armazenamento. À medida que se aumenta o intervalo de tempo entre a fritura final e a avaliação, nota-se claramente a perda de crocanticidade da crosta das fritas. As amostras congeladas em salmoura apresentaram menores

TABELA 7 - Textura do produto obtido pelos dois métodos de congelamento, com 3, 6 e 9 minutos após a fritura final, aos tempos zero e sessenta dias de armazenamento. Determinações em aparelho "Shear-Press".

Métodos de congelamento	Força máxima de cisalhamento (kgf/g de amostra)					
	zero dia de armazenamento		60 dias de armazenamento			
	3 min.	6 min.	9 min.	3 min.	6 min.	9 min.
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min	$3,16 \pm 0,17$	$2,84 \pm 0,11$	$2,66 \pm 0,08$	$3,49 \pm 0,09$	$3,41 \pm 0,11$	$3,30 \pm 0,10$
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C .	$2,86 \pm 0,16$	$2,60 \pm 0,16$	$2,61 \pm 0,28$	$2,95 \pm 0,27$	$2,80 \pm 0,29$	$2,81 \pm 0,21$

valores de força máxima de cisalhamento em todas as análises efetuadas. Com o armazenamento, ocorreu um acréscimo nos valores de força de cisalhamento tanto para a amostra congelada em túnel como para a amostra congelada em salmoura. O fenômeno pode ser explicado pela evaporação de água da superfície das fritas, durante o período de armazenamento, provocando um endurecimento no tecido, que é acusado na determinação pelo "Shear Press".

A avaliação sensorial da textura acusou preferência para a amostra congelada em salmoura, apesar da sua menor crocanticidade de crosta, verificada objetivamente. Evidentemente, outros aspectos como maciez da parte interna e outros fatores estão envolvidos na avaliação sensorial conforme será descrito adiante.

4.4.3. Atributos organolépticos

Os resultados da avaliação sensorial, quanto à preferência geral, cor, sabor e textura das amostras, obtidos pelos dois métodos distintos de congelamento, são apresentados nas TABELAS 8, 9, 10 e 11.

a) Avaliação de preferência geral: Os dados apresentados na TABELA 8 revelam que não houve diferença significativa, ao nível de 5%, entre as amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, a zero dia de armazenamento. As médias das notas atribuídas pela equipe de vinte provadores situaram ambas as amostras no conceito "gostei" da escala utilizada. Também entre os provadores não houve diferença significativa ao

TABELA 8 - Resultados da avaliação de preferência geral entre as amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, com zero dia de armazenamento.

Métodos de congelamento	Médias das notas atribuídas pelos provadores
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min	6,05
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C	6,45
F (amostras)	3,2340 ^{n.s.}
F (provadores)	1,5423 ^{n.s.}

n.s. = não significativo ao nível de 5%.

mesmo nível de significância.

b) Avaliação de cor: Os resultados obtidos na avaliação subjetiva da cor das fritas obtidas pelos dois métodos de congelamento (TABELA 9) apontam uma diferença significativa, ao nível de 5%, entre as amostras, a zero dia de armazenamento. As fritas congeladas em salmoura foram superiores às aquelas congeladas em túnel. As médias das notas atribuídas pela equipe de sete provadores treinados nesse tipo de avaliação situam a amostra congelada em salmoura dentro do conceito "bom" com cor "uniforme, amarelo-amarronzado" da escala utilizada. A amostra congelada em túnel ficou classificada no conceito "satisfatório" com "ligeira desuniformidade" de coloração. Considerando-se o padrão de coloração ideal das batatinhas fritas como sendo uniforme e amarelo-dourado (FEDERAL REGISTER, 1967), as amostras congeladas em salmoura foram mais uniformes em cor, o que pode ser explicado por uma melhor distribuição dos açúcares redutores na superfície dos pedaços devido à imersão em solução e ainda se apresentaram com menor luminosidade e maior teor de vermelho, mais próximos da cor dourada. Com o decorrer do armazenamento, as amostras foram se tornando semelhantes em termos de cor, não sendo detectada diferença significativa entre as amostras a sessenta dias de armazenamento. Entre os provadores não houve diferença significativa ao nível de 5%.

c) Avaliação de sabor: Os dados apresentados na TABELA 10 apontam que não houve diferença significativa, ao

TABELA 9 - Resultados da avaliação subjetiva de cor das amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, aos tempos zero e sessenta dias de armazenamento.

Métodos de congelamento	Média das notas atribuídas pelos provadores		
	zero dia de armazenamento	60 dias de armazenamento	
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min	6,36	6,35	
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C	7,14	6,29	
F (amostras)	8,8535*	0,2427 ^{n.s.}	
F (provadores)	0,8536 ^{n.s.}	3,637 n.s.	

n.s. = não significativo ao nível de 5%

* = significativo ao nível de 5%

TABELA 10 - Resultados da avaliação do sabor das amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, aos tempos zero e sessenta dias de armazenamento.

Métodos de congelamento	Médias das notas atribuídas pelos provadores	
	zero dia de armazenamento	60 dias de armazenamento
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min	7,07	7,21
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C	7,07	8,07
F (amostras)	—	6,3820*
F (provadores)	3,5306 ^{n.s.}	1,5350 ^{n.s.}

n.s. = não significativo ao nível de 5%

* = significativo ao nível de 5%

nível de 5%, entre as amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, a zero dia de armazenamento. As médias das notas atribuídas pelos provadores situaram ambas as amostras no conceito "bom" da escala utilizada com sabor "típico - sem sabor estranho". A sessenta dias de armazenamento houve diferença significativa entre as amostras sendo superior aquela obtida por congelamento em salmoura que alcançou o conceito "muito bom" da escala com sabor "típico da variedade - agradável", enquanto a amostra congelada em túnel permaneceu com o mesmo conceito da avaliação feita a zero dia de armazenamento. Como comentário foi anotada a melhor distribuição do sal na amostra congelada em salmoura, o que pode justificar a preferência dos provadores. Entre os provadores não houve diferença significativa ao nível de 5%.

d) Avaliação da textura da crosta e consistência interna: Os resultados obtidos na avaliação subjetiva da textura da crosta e consistência interna das amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento são apresentados na TABELA 11. Para as duas épocas de armazenamento houve diferença significativa entre as amostras, ao nível de 5%. A amostra congelada em salmoura alcançou maior média entre os provadores, sendo situada no conceito "bom" da escala, com textura "ligeiramente dura e menos uniforme, mas ainda agradável" para zero dia de armazenamento. A amostra congelada em túnel com circulação de ar frio recebeu o conceito "satisfatório" com textura "menos macia, menos

TABELA 11 - Resultados da avaliação subjetiva da textura da crosta e consistência interna das amostras obtidas pelos dois métodos de congelamento, aos tempos zero e sessenta dias de armazenamento.

Métodos de congelamento	Médias das notas atribuídas pelos provadores	
	zero dia de armazenamento	60 dias de armazenamento
Túnel com ar a -30°C e velocidade de 120m/min	6,36	6,43
Solução de NaCl a 21% (m/m) e a -18°C .	7,43	7,64
F (amostras)	10,2275*	9,6370*
F (provadores)	1,3637 ^{n.s.}	0,7358 ^{n.s.}

n.s. = não significativo ao nível de 5%

* = significativo ao nível de 5%

uniforme, mas ainda atraente" em ambas as épocas de avaliação. Nota-se uma tendência de melhor aceitação da textura, a sessenta dias de armazenamento para as duas amostras, tendo a amostra congelada em salmoura alcançado o conceito "excelente" com textura "uniformemente macia e crocante". O fato pode ser explicado pela desidratação superficial das fritas, durante o armazenamento, que provocaria maior crocância da crosta, em seu preparo para o consumo. Entre os provadores não houve diferença significativa ao nível de 5%.

Na avaliação sensorial, os provadores treinados em julgamento de batatinhas fritas, avaliaram a crosta superficial das fritas segundo critérios adotados por SPIESS *et alii* (1975), ou seja, a crosta deve ser uniformemente crocante com o "miolo" macio, semelhante a textura de batata cozida. A avaliação situou a textura da amostra congelada em túnel como menos macia e menos uniforme que a textura da amostra congelada em salmoura, com preferência para a última. Esse fato pode explicar os resultados obtidos na determinação objetiva da textura, onde a amostra congelada em túnel apresentou um maior valor de força máxima de cisalhamento que corresponderia a uma crosta mais crocante, segundo ROSS e PORTER (1966). Em realidade, para o estudo em questão, as maiores forças de cisalhamento exigidas pelas fritas congeladas em túnel significam uma crosta mais rija e não mais crocante, conforme ficou demonstrado na avaliação sensorial.

5. CONCLUSÕES

O contato direto com uma solução de cloreto de sódio a 21% de concentração (m/m) e à temperatura de -18°C demonstrou ser um processo tecnicamente adequado para o congelamento de batatinha (*Solanum tuberosum*, L.) cultivar Bintje, conforme atestam as seguintes informações:

- Os tempos de resfriamento e congelamento do produto são curtos. As fritas levaram 1 minuto para serem resfriadas de 25°C a -4°C e um minuto adicional para atingirem a temperatura de $-6,67^{\circ}\text{C}$ (20°F) onde 90% da água já estaria congelada. Para o congelamento em túnel com ar a -30°C , os tempos correspondentes foram de 2 minutos e 4,5 minutos.

- O rendimento, considerado em termos de massa do produto semi-frito e congelado por massa de matéria-prima, é considerado muito bom (cerca de 1,5% superior ao método de congelamento em túnel).

- O teor de cloreto de sódio (2,34%) e o teor de

matéria graxa (15,21%) encontrados nas fritas congeladas em salmoura, embora superiores aos valores apresentados pelas fritas congeladas em túnel, estão dentro das exigências do consumidor, conforme atestam os resultados da avaliação de sabor.

- A avaliação organoléptica das amostras mostrou resultados favoráveis para o produto congelado em salmoura, em relação ao produto congelado em túnel com ar frio. Quanto à preferência geral, não houve diferença significativa entre as amostras, porém a amostra congelada em salmoura foi superior em cor a zero dia de armazenamento, superior em sabor a sessenta dias de armazenamento e superior em textura em ambas as épocas de armazenamento avaliadas.

6. LITERATURA CITADA

AOCS, 1974. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society. 3^a ed. American Oil Chemists' Society (AOCS), Illinois.

BARTLETT, L.H., 1941. Quick freezing of foodstuffs. U.S. Patent 2.418.745, 24 de março.

BENES, C.; G.T. CARLIN e P.P. LOGAN, 1941. Preparation of French fried potatoes in the restaurant kitchen. National Restaurant Association, Research Dept. Tech. Bull. 100.

BLAND, O.S.H., 1936. Improvements relating to the preservation of perishable articles by freezing. B.P. 454.200, 25 de setembro.

BUTLER, C. e J.W. SLAVIN, 1959. Fishery Products. "ASHRAE Data Book: Refrigeration Applications", vol. 1, nº 1, p. 14-06.

- CIPOLLETTI, J.C.; G.H. ROBERTSON e D.F. FARKAS, 1977. Freezing of vegetables by direct contact with aqueous solutions of ethanol and sodium chloride. J.F. Science, 42 (4): 911-916.
- COTLOVE, E.; H.U. TRANTHAM e R.L. BOWMAN, 1958. An instrument and method for chloride in biological samples. J. Lab. and Clin. Med., 51: 461.
- ELIAS, S. 1978. Direct immersion freezing ... (cold) wave of the future? Food Engineering International, 3 (12): 44-45.
- EMBLIK, E., 1979. Zum Thema Tauchgefrieren. Temperatur Technik, 17 (2): 33.
- FEDERAL REGISTER, 1967. United States Standards for grades of Frozen French Fried Potatoes. Agricultural Marketing Service, Washington, D.C., 8p., (32 F.R. 779).
- FENNEMA, O., 1973. Freeze-preservation of foods - Technological aspects. In: "Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter". Ed. Fennema, O.R.; Powrie, W.O.; Marth, E.H.; Marcel Dekker Inc., New York, N.Y.
- FERREIRA, V.L.P., 1981. Princípios e Aplicações da Colorimetria em Alimentos. Instruções Técnicas nº 19 - Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL, Campinas, 85p.

- FEUSTEL, I.C.; M.E. JUILLY e W.O. HARRINGTON, 1963. Processing of Frozen French Fried Potatoes and other frozen potato products. U.S. Dept. Agr. ARS 74-8, 44p.
- FEUSTEL, I.C. e R.W. KUENEMAN, 1967. Frozen French Fries and Other Frozen Potato Products. In: "Potato Processing". Cap. 11. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn.
- GOL'DBERG, L.D.; I.G. CHUMAK e A.A. CHURKIN, 1976. Penetration of salt into vegetable products during freezing in brine. Kholodil'naya Tekhnika, 4: 40-41.
- GOL'DBERG, L.D., 1978. Continuous freezing of products of vegetable origin in brine. Kholodil'naya Tekhnika, 4: 42-45.
- GRIMES, E.L., 1973. Private communication to Manager of Fisheries Development, MARCO, 2300 West Commodore Way, Seattle, WA 98199.
- GOULD, W.A., 1954. Watch color, flavor and texture when freezing French Fried Potatoes. Food Packer, 35 (2): 52-54.
- HAYAKAWA, K., 1973. Heat transfer during freezing and thawing of foods. In: "Advances in Food Research", Ed. Chichester, C.O., Vol. 20, p. 217. Academic Press, New York, N.Y.
- HOLSTON, J. e S.R. POTTINGER, 1954. Some factors affecting the sodium chloride content of haddock during brine freezing and water thawing. Food Technol., 8 (9): 409.

- HORWITZ, W. (ed.), 1975. Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. 12^a ed., Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, D.C., 1094p.
- HORWITZ, W. (ed.), 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13^a ed., Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, D.C., 1918p.
- JOSLYN, M.A. e A. TIMMONS, 1967. Salt: Use in food processing. In: "Fundamentals of Food Processing Operations". Ed. Heid, J.L. e Joslyn, M.A., p. 80. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn.
- JUDGE, E.E. AND SONS, INC. (ed.), 1978. The Almanac of the Canning, Freezing, Preserving Industries, U.S.A.
- MEEK, G.W. e V.R.H. GREENE, 1947. Food Freezing Evaluated. Food Industries, setembro 1947, p. 1213-1218.
- MORAES, M.A.C., 1978. Métodos para Avaliação Sensorial de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - UNICAMP, 87p.
- MORRIS, H.J., 1958. Test paper for detecting peroxidase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 6: 383.

- MOTT, L.F., 1964. The prediction of product freezing time. Aus. Refrig. Air Cond. Heat 18: 16.
- NOYES, H.A., 1942. Freezing Process. U.S. Patent 2.286.225, 16 de junho.
- NOYES, H.A., 1949. Freezing comestibles with compatible solutions. U.S. Patent 2.482.202, 20 de setembro.
- OTTESEN, A.J.A., 1915. Method of preserving comestible. U.S. Patent 1.129.716, 23 de fevereiro.
- PASCHOALINO, J.E.; V.L.P. FERREIRA e R.M. POMPEU, 1975. Aptidão das variedades de batatinha Bintje e Radosa para processamento de fritas à francesa e congeladas e purê congelado. Coletânea do ITAL, Vol. 6, 431-444.
- PASCHOALINO, J.E.; E.E. MIYA e I. SHIROSE, 1977. Influência das condições de congelamento sobre as características organolépticas de batatinha à francesa semi-frita e congelada. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, nº 53, set.-out., 1977: 129-139.
- PASCHOALINO, J.E.; L.W. BERNHARDT; R.P. TOCCHINI e V.L.P. FERREIRA, 1982. Processamento de seis cultivares de batata na forma de frita congelada. Relatório não publicado. ITAL.
- RASMUSSEN, C.L., 1967. Economics of present and future freezing methods. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Symposium, 30 jan., Detroit, Michigan.

- ROBERTSON, G.H.; J.C. CIPOLLETTI, D.F. FARKAS e G.E. SECOR. 1976. Methodology for direct freezing of vegetables in aqueous freezing media. J.F. Science, 41: 845-851.
- ROSS, L.R. e W.L. PORTER, 1966. Preliminary studies on applications of objective tests to texture on French Fried Potatoes. American Potato Journal, 43 (6): 177-183.
- SPIESS, W.E.L.; J. GUTSCHMIDT e B. PUTZ, 1975. Untersuchung über den Einfluss der verarbeitungsbedingungen auf die Qualität von Tiefgefrorenen Pommes frites. Stärke, 27 (1): 17-23.
- TRESSLER, D.K.; W.O. VAN ARSDEL e M.J. COPLEY, 1968. "The Freezing Preservation of Foods". Vol. 1, AVI Publishing Co.Inc., Westport, Conn.
- WATT, B.K. e A.L. MERRILL, 1963. "Composition of Foods". Agriculture Handbook n° 8, USDA, ARS, Washington, D.C.
- WILSON, A.M. 1948. The Mc Evoy Polyphase freezer. Food Industries, abril 1948, p. 538-539.
- ZWEIACKER, E, 1979. Reduction of freezing costs by using a contact freezer. Temperatur Technik, 17 (4): 74-75.