

Larecer

Este exemplar corresponde a redação final  
da tese defendida por Edson Watanabe e  
Aprovada pela Comissão Julgadora em 07.03.88

Campinas, 07 de Março de 1988.



---

PRESIDENTE DA BANCA

**"INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO E DA COCÇÃO NA RETENÇÃO  
DE TIAMINA, RIBOFLAVINA E NIACINA EM ESPAGUETE"**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

"INFLUENCIA DO PROCESSAMENTO E DA COCCÇO NA RETENÇÇO  
DE TIAHINA, RIBOFLAVINA E NIACINA EM ESPAGUETE"

EDSON WATANABE

Engenheiro de Alimentos

Prof. Dr. CÉSAR FRANCISCO CIACCO

Orientador

TESE APRESENTADA A FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UNIVER  
SIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, PARA A OBTENÇÇO DO TÍTULO DE MESTRE  
EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.

CAMPINAS

1988

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. César Francisco Ciacco,  
à minha família,  
aos meus amigos: alunos, professores e funcionários,  
à Faculdade de Engenharia de Alimentos,  
à FAPESP, ao CNPq e à UNICAMP,  
à ABIA,

e a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram  
para a realização deste trabalho.

**OBRIGADO**

## ÍNDICE GERAL

	PAGINA
ÍNDICE DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
INTRODUÇÃO.....	01
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
O ENRIQUECIMENTO VITAMÍNICO DE PASTAS ALIMENTÍCIAS.....	04
ASPECTOS NUTRICIONAIS DE PASTAS ALIMENTÍCIAS.....	07
VITAMINAS.....	09
Tiamina (Vitamina B1).....	09
Riboflavina (Vitamina B2).....	10
Niacina (Vitamina PP).....	11
PRODUÇÃO DE PASTAS ALIMENTÍCIAS.....	12
1. Matéria-prima.....	12
1.1. Farinha.....	13
1.2. Água.....	14
1.3. Outros ingredientes.....	15
2. Preparação da matéria-prima.....	15

3. Mistura.....	15
4. Amassamento.....	16
5. Moldagem.....	18
6. Seccionamento.....	19
7. Secagem.....	19
7.1. Pré-secagem.....	22
7.2. Repouso.....	23
7.3. Secagem final.....	23
8. Embalagem e armazenamento.....	24
 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PASTAS ALIMENTÍCIAS.....	 27
 MATERIAL E MÉTODOS.....	 31
I. MATERIAL.....	31
1. Matéria-prima.....	31
2. Reagentes.....	31
3. Equipamentos.....	31
II. MÉTODOS EXPERIMENTAIS.....	32
1. Adição de vitaminas.....	32
2. Mistura.....	35
3. Extrusão.....	35
4. Secagem.....	36
5. Embalagem e armazenamento.....	38

III. MÉTODOS ANALÍTICOS.....	38
1. Determinação de vitaminas.....	38
1.1. Tiamina.....	39
1.2. Riboflavina.....	39
1.3. Niacina.....	39
2. Determinação das características de cocção do espaguete.....	40
2.1. Tempo de cocção.....	40
2.2. Testes de cozimento.....	40
3. Determinação da cor do espaguete.....	40
4. Umidade.....	40
4.1. Espaguete seco.....	40
4.2. Espaguete cozido.....	41
5. Proteína.....	41
6. Gordura.....	41
7. Cinzas.....	42
8. Carboidratos.....	42
9. Granulometria.....	42
 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	 43
 CARACTERÍSTICAS DA FARINHA DE TRIGO.....	 43
Composição centesimal.....	43
Teores de tiamina, riboflavina e niacina.....	43
Distribuição por tamanho das partículas.....	43
Propriedades viscoamilográficas.....	47

RETENÇÃO DE VITAMINAS.....	48
NÍVEIS DE ADIÇÃO.....	54
ARMAZENAMENTO.....	62
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

## INDICE DE TABELAS

	PÁGINA
Tabela 1: Parâmetros de cozimento de pastas alimentícias.....	28
Tabela 2: Composição centesimal da farinha de trigo utilizada.....	44
Tabela 3: Teores de tiamina, riboflavina e niacina naturalmente presentes na farinha especial utilizada.....	45
Tabela 4: Granulometria das partículas da farinha de trigo utilizada.....	46
Tabela 5: Características tecnológicas do espaguete, em função do tratamento de secagem.....	49
Tabela 6: Estabilidade da tiamina durante o processamento e cocção, em função do tratamento de secagem.....	50
Tabela 7: Estabilidade da riboflavina durante o processamento e cocção, em função do tratamento de secagem.....	51

Tabela 8: Estabilidade da niacina durante o processamento e cocção, em função do tratamento de secagem.....	52
Tabela 9: Níveis de adição de tiamina, riboflavina e niacina.....	55
Tabela 10: Teores de tiamina, riboflavina e niacina, presentes na farinha utilizada.....	56
Tabela 11: Características tecnológicas do espaguete, em função do nível de adição empregado.....	57
Tabela 12: Estabilidade da tiamina durante o processamento e cocção, em função do nível de adição empregado.....	58
Tabela 13: Estabilidade da riboflavina durante o processamento e cocção, em função do nível de adição empregado.....	59
Tabela 14: Estabilidade da niacina durante o processamento e cocção, em função do nível de adição empregado.....	60

Tabela 15: Características tecnológicas do espaguete armazenado, com ou sem influência da luz.....	63
Tabela 16: Estabilidade da tiamina durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.....	64
Tabela 17: Estabilidade da riboflavina durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.....	65
Tabela 18: Estabilidade da niacina durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.....	66
Tabela 19: Diferença total de cor (DE) durante o armazenamento.....	68

## RESUMO

Os grãos de trigo se constituem numa boa fonte de tiamina, riboflavina e niacina. A deficiência dessas vitaminas na dieta provoca o aparecimento de certas doenças como beri-beri e pelagra. O enriquecimento vitamínico de pastas alimentícias é recomendável para a reposição dessas vitaminas que, por se encontrarem nas camadas mais externas dos grãos, são eliminadas como farelo durante o processo de moagem.

As quantidades adicionadas durante o processamento devem ser maiores que as exigências nutricionais, pois parte dessas vitaminas, além de serem perdidas durante as várias etapas do processamento, são lixiviadas para a água de cocção.

No presente trabalho, estudamos a influência das várias etapas de processamento, das condições de preparo e dos níveis de enriquecimento, na retenção de tiamina, riboflavina e niacina e na qualidade tecnológica do espaguete. Determinamos o melhor tipo de tratamento de secagem e o nível de enriquecimento mais adequado, além do tipo de embalagem e do comportamento do produto final obtido, durante três meses de armazenamento.

Observamos que a retenção de vitaminas e as características tecnológicas do espaguete são independentes do nível de enriquecimento empregado e que as maiores perdas ocorrem durante a etapa de cocção do espaguete.

Concluimos que o espaguete produzido é uma boa fonte das vitaminas utilizadas no enriquecimento, depois de armazenado por

três meses, sem influência da luz, e cozido, conservando 96%, 78% e 94%, respectivamente, da tiamina, riboflavina e niacina, inicialmente presentes na farinha de trigo enriquecida.

## SUMMARY

Wheat grain is a good source of thiamin, riboflavin, and niacin. The deficiency of these vitamins in the diet leads to the appearance of certain diseases such as beriberi and pellagra. These vitamins are mainly located in the external layers of grain and they are eliminated as bran during the milling process. Thus, the vitamin enrichment is recommended to restore these vitamins to the level in wheat.

The amount added during the processing must be larger than the nutritional requirements because these vitamins, in addition to being lost during the several steps of processing, they are also lost to water during cooking.

In the present work, the influence of the several processing steps, conditions of preparation, and enrichment levels on the retention of thiamin, riboflavin, and niacin, and on the technological quality of spaghetti has been studied. The best drying treatment and the most adequate enrichment level, in addition to the package type and the behavior of the final product during three months of storage have been determined.

The results revealed that the vitamin retention and the spaghetti technological characteristics are independent of the vitamin level used and that the greatest losses occur during the cooking step of spaghetti.

In conclusion, after stored for three months, without light exposure and after cooking, the spaghetti prepared in these

studies is a good source of the vitamins used in the enrichment. The vitamins, thiamin, riboflavin, and niacin, were retained at 96%, 78%, and 94% of the initial levels, respectively, in the enriched wheat flour.

## INTRODUÇÃO

Foi provavelmente durante a Era Neolítica, por volta do ano 8000 AC, que o homem começou a consumir os cereais e seus produtos. Nessa época, ele abandonou a vida nômade e se estabeleceu para cultivar a terra. Através dos séculos e ainda hoje, o trigo é o cereal mais utilizado na alimentação do homem devido às suas propriedades nutricionais, descobertas e apreciadas durante milhares de anos de experiência (Antognelli, 1980).

A despeito da afirmação de Antognelli, deve-se considerar que as propriedades intrínsecas do trigo, principalmente a capacidade de formar glúten quando misturado com água, contribuíram de maneira preponderante para a utilização deste cereal na alimentação humana.

No século XV, os italianos aprenderam com os alemães a confeccionar as pastas alimentícias, o que logo se tornou uma florescente indústria caseira (Banasik, 1981). Entretanto, a Itália é geralmente relacionada como o local de origem das pastas alimentícias. Certamente, é o país onde o macarrão foi e ainda é mais popular. Parece mais provável que os produtos de pasta, como hoje os conhecemos, foram lá primeiramente confeccionados há 800 anos (Hummel, 1966).

O consumo de pastas alimentícias varia consideravelmente nos diferentes países. De acordo com Hummel, em 1966, o consumo (kg per capita/ano) era:

Itália.....	30 a 35
França.....	6,3
Estados Unidos.....	3,4
Inglaterra.....	0,4

De acordo com Kent-Jones & Amos (1967), os maiores consumidores de pasta (kg per capita/ano), em 1960, eram:

Itália.....	30,3
Grécia.....	12,0
Suíça.....	9,3
Portugal.....	6,8
França.....	5,7

Segundo Donnelly (1979), o consumo de produtos de pasta nos Estados Unidos tem aumentado nos últimos anos. Em 1967, o consumo per capita/ano era de 3,2 kg, passando a 4,6 kg em 1977.

Os dados relacionados acima são apenas ilustrativos, uma vez que não foram encontrados dados mais recentes sobre o consumo de pastas alimentícias no Brasil e no mundo.

Segundo Irvine (1971), a utilização do trigo na forma de pastas alimentícias é consideravelmente mais difundida no mundo de hoje do que a sua utilização na confecção de pães. Tal constatação é sem dúvida devida ao fato de que os produtos de pasta são mais simples de serem feitos e, se secos, podem ser convenientemente estocados por períodos relativamente longos, sem sofrer deterioração apreciável.

Segundo Antognelli (1980), o American National Nutrition Program reconhece os produtos de pasta como sendo um dos meios mais baratos para melhorar a dieta dos países desenvolvidos e para minimizar a fome nos países sub-desenvolvidos.

No presente trabalho, pretendemos enriquecer o espaguete com três vitaminas: tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (PP), de maneira a se atingir, no produto final, os teores médios das mesmas presentes no trigo nacional. Esses teores, segundo Cunto *et alii* (1956) são:

Tiamina.....	0,450 mg/100g
Riboflavina.....	0,260 mg/100g
Niacina.....	4,230 mg/100g

Para tanto, foram estudados os efeitos das variáveis de processamento, dos níveis de adição de tiamina, riboflavina e niacina, do tipo de embalagem, do período de armazenamento e da cocção, na obtenção de espaguete.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### O ENRIQUECIMENTO VITAMÍNICO DE PASTAS ALIMENTÍCIAS

O conceito de fortificação de alimentos básicos foi desenvolvido no final da década de 30/início da década de 40, como resultado da descoberta, nos Estados Unidos, de certas doenças (raquitismo, beri-beri, pelagra) provocada pela deficiência de vitaminas. Assim, em 1940, o Food Nutrition Board aprovou um programa favorecendo a adição de tiamina, riboflavina, niacina e ferro à farinha de trigo (Watson, 1981).

O enriquecimento de produtos de cereais com vitaminas do complexo B tornou-se possível no fim da década de 30, quando as vitaminas tornaram-se comercialmente disponíveis e os preços declinaram. Antes, o enriquecimento de pastas alimentícias era considerado um desperdício, pois mais de 50% da tiamina, 40% da niacina e 30% da riboflavina são perdidos durante a cocção de pastas alimentícias (Brooke, 1968).

A adição de nutrientes a alimentos pode ser efetuada devido a uma variedade de propósitos (Borenstein, 1971).

Segundo Tannembaum (1976), as definições dos vários termos associados com a adição de nutrientes são:

- . Restauração: adição que visa restaurar o nível original do nutriente no alimento.
- . Fortificação: adição de nutrientes em quantidades significati-

vas, suficientes para tornar o alimento uma boa fonte dos nutrientes adicionados. Pode incluir a adição de nutrientes normalmente não presentes no alimento ou a adição em níveis superiores aos encontrados no alimento não processado.

- . Enriquecimento: adição de quantidades específicas de nutrientes selecionados, de acordo com um padrão de identidade, conforme definido pelo órgão competente.

Não existe, no Brasil, padrões de identidade que determinem quais nutrientes e quanto dos mesmos deva ser adicionado aos alimentos.

De acordo com Lorenz (1982), os nutrientes são adicionados aos alimentos pelas seguintes razões:

1. como uma medida de saúde pública;
2. para elevar a qualidade nutricional de um alimento;
3. para restaurar os nutrientes perdidos durante o armazenamento e processamento.

Segundo Watson (1981), de acordo com o U. S. Food and Drug Administration (1942), as vitaminas empregadas no enriquecimento de pastas alimentícias são: tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2) e niacina (vitamina PP).

As maiores quantidades dessas vitaminas estão localizadas no farelo e nos "shorts" do grão de trigo (Calhoun et alii, 1960), sendo que estas partes são retiradas durante o processo de moagem, para a obtenção da farinha de trigo.

As pastas alimentícias constituem um bom veículo para suprir as deficiências dessas vitaminas, pois são alimentos largamente aceitos, relativamente baratos e de fácil preparo. Dessa maneira, poderiam ser consumidas pelas camadas da população de menor poder aquisitivo, que são justamente aquelas onde se observa um maior número de casos de deficiência protéica e vitamínica.

Além de todos esses fatores, as pastas alimentícias não requerem embalagens sofisticadas, nem refrigeração durante o armazenamento e apresentam um tempo de prateleira prolongado. Estão disponíveis nos mais variados tamanhos e formatos, altamente atrativos às crianças.

## ASPECTOS NUTRICIONAIS DAS PASTAS ALIMENTÍCIAS

As proteínas do trigo, como as proteínas dos vegetais em geral, são deficientes em alguns aminoácidos essenciais. A lisina é o primeiro aminoácido limitante em pastas alimentícias, sendo a treonina o segundo. Todos os outros aminoácidos estão presentes em quantidades próximas ao modelo proposto pela Joint FAO/WHO - Expert Group (1973) para a determinação do índice químico, que é um dos parâmetro utilizado para avaliar a qualidade nutricional de uma proteína. Devemos nos lembrar, entretanto, que as pastas alimentícias nunca são consumidas isoladamente. Assim, a sua deficiência no balanceamento é geralmente compensada pelo acréscimo de molhos, queijos e outros tipos de condimento. Se as pastas alimentícias forem consumidas com saladas ou frutas, podem vir a ser uma refeição completa e balanceada. Para se ter uma idéia, o índice químico para pastas alimentícias, em relação à lisina, é igual a 49. No caso da massa com queijo, passa a ser 72 (Antognelli, 1980).

Outro fator a ser considerado quanto aos aspectos nutricionais de pastas alimentícias é a deficiência em certas vitaminas. Elas são normalmente deficientes em tiamina, riboflavina e niacina. Essas vitaminas, por se localizarem em maiores quantidades na periferia do grão de trigo, são eliminadas durante o processo de moagem. A deficiência em vitaminas, geralmente, é suplantada pela adição desses componentes durante o processamento. As quantidades adicionadas durante o processamento devem ser maiores que as exigências nutricionais, pois parte dessas vitami-

nas, além de serem perdidas durante as várias etapas do processamento de pastas alimentícias, é lixiviada para a água de cocção (Ciacco & Chang, 1986).

Segundo Ranum (1980), o U. S. Code of Federal Regulations (1978) recomenda os seguintes níveis de adição de vitaminas à farinha de trigo:

Tiamina.....	0,64 mg/100g
Riboflavina.....	0,40 mg/100g
Niacina.....	5,29 mg/100g

Esses mesmos níveis de adição de tiamina, riboflavina e niacina são propostos pelo Food Nutrition Board of the National Research Council, USA (Watson, 1981; Lorenz, 1982).

De acordo com o Federal Standards of Identity, os produtos de pasta devem conter 0,88-1,10 mg de tiamina, 0,37-0,48 mg de riboflavina e 5,95-7,49 mg de niacina por 100 g de produto (Douglass & Matthews, 1982).

## VITAMINAS

As vitaminas são micronutrientes orgânicos indispensáveis ao desenvolvimento do organismo e à manutenção de seu metabolismo. Elas não provêm energia, nem são responsáveis diretos pela constituição de partes do corpo humano. Existem quinze ou mais vitaminas e, na escassez de alguma delas, a deficiência torna-se aparente (Damon, 1975).

Assim sendo, o enriquecimento vitamínico de pastas alimentícias é recomendável, uma vez que recompõe esse tipo de alimento com vitaminas do trigo perdidas durante o processo de moagem.

Damos a seguir uma breve descrição das vitaminas utilizadas no enriquecimento de pastas alimentícias, ou seja, tiamina, riboflavina e niacina.

### Tiamina (Vitamina B1)

É hidrossolúvel como todas as vitaminas do complexo B. A tiamina é necessária para a fertilidade, lactação, crescimento e para o funcionamento normal dos tecidos nervosos. Uma deficiência em tiamina causa a beri-beri, uma disfunção do sistema nervoso. Outros problemas devidos à esta deficiência são: perda do apetite, inchamento de certas partes do corpo, retardamento do crescimento, problemas cardíacos, náusea, vômitos (Damon, 1975). As principais fontes de tiamina são: carnes em geral (especialmente

a de porco), feijão, vísceras, leite, queijo, ovos, ova de peixe, lêvedo de cerveja, amendoim e germe de trigo (Hoffmann-La Roche, 1972; Marks, 1975; Franco, 1982).

A tiamina apresenta grande número de problemas resultantes de sua sensibilidade ao calor, baixa estabilidade a altos pH e sua susceptibilidade ao sulfito e agentes oxidantes. O mononitrato de tiamina é preferido ao cloridrato, para utilização em produtos em pó, devido à sua grande estabilidade (menor higroscopicidade) em tais produtos (Goldrick, 1976).

Segundo o National Research Council, o homem necessita de 0,5 mg de tiamina para cada 1000 kcal consumidas (Franco, 1982).

### **Riboflavina (Vitamina B2)**

A riboflavina auxilia o organismo na obtenção de energia a partir dos carboidratos e substâncias protéicas. A deficiência causa feridas e rachaduras nos lábios, assim como enfraquecimento da visão. Esta vitamina é abundantemente encontrada em vegetais folhosos, produtos de trigo integral, fígado, queijo, carne magra, leite e ovos (Hoffmann-La Roche, 1972; Damon, 1975; Marks, 1975; Franco, 1982).

A riboflavina é geralmente de fácil manipulação. É menos sensível ao calor que a tiamina mas é rapidamente degradada pela luz, especialmente a ultra-violeta. As perdas são minimizadas pela utilização apropriada de embalagem, que protege o produto da luz. A riboflavina causa poucos problemas no enriquecimento de

alimentos, mas apresenta fraca solubilidade em todos os solventes de alimentos. Atualmente, está disponível um análogo mais solúvel, a riboflavina 5'-fosfato, utilizada em alimentos. A estabilidade em produtos em pó é excelente (Borenstein, 1971).

O requerimento para o homem é de 0,6 mg para cada 1000 kcal consumidas, segundo o Food and Nutrition Council (Franco, 1982).

### **Niacina (Vitamina PP)**

A deficiência de niacina causa a pelagra, que se caracteriza por aspereza da pele, feridas na boca, diarréia e desordens mentais. As fontes naturais mais abundantes são: fígado, carne magra, ervilhas, feijão, produtos de trigo integral e peixe (Hoffmann-La Roche, 1972; Damon, 1975; Marks, 1975; Franco, 1982).

É a mais estável das vitaminas do complexo B, a de mais fácil obtenção e a de menor custo. Geralmente, não apresenta problemas durante o enriquecimento (Damon, 1975; Goldrick, 1976). É comercialmente disponível como ácido nicotínico e nicotinamida (niacinamida). A amida tem sabor amargo mas, devido à sua maior solubilidade, é preferida em muitas aplicações. Ambos os compostos apresentam estabilidade excelente no processamento de alimentos (Borenstein, 1971).

O requerimento para o homem é de 6,5 mg para cada 1000 kcal consumidas (Hoffmann-La Roche, 1972).

## PRODUÇÃO DE PASTAS ALIMENTÍCIAS

O processo de produção de pastas alimentícias consiste basicamente na mistura, amassamento e extrusão de uma dispersão de água e farinha. A margem o fato do processo ser contínuo ou descontínuo, a produção de pastas alimentícias inclui as seguintes etapas (Ciacco & Chang, 1986):

- . preparação da matéria-prima
- . mistura
- . amassamento
- . moldagem ou trefilação
- . seccionamento
- . secagem
- . embalagem
- . armazenamento

Procuraremos relacionar aqui as etapas de processamento e as condições de preparo de pastas alimentícias com as suas possíveis implicações no enriquecimento vitamínico e na qualidade de produto final.

### 1. Matéria-prima

As matérias-primas essenciais à confecção de pastas alimentícias são: farinha de trigo e água.

## 1.1. Farinha

Os melhores produtos de pasta são obtidos a partir de uma variedade de trigo duro, conhecida como "Durum" (Antognelli, 1980). Segundo Harris e Knowles (1939), o trigo Durum é mais duro, tende a apresentar conteúdo protéico mais elevado e possui maior quantidade de pigmentos amarelos (xantofilas) do que o trigo destinado à produção de pães (Fernandes et alii, 1979). Em alguns países como Estados Unidos, Itália e França, o emprego de semolina do trigo **Amber durum**, para a confecção de pastas alimentícias, é imposto por lei (Ciacco & Chang, 1986).

Segundo Irvine (1971), a semolina de Durum apresenta diversas vantagens sobre a farinha, na confecção de pastas alimentícias. Talvez a mais importante seja a de requerer menos água para formar a massa, o que implica numa menor quantidade de água a ser removida durante a secagem.

No Brasil, o trigo Durum não é produzido e, por razões econômicas, também não é importado. Conseqüentemente, utilizam-se farinhas provenientes de outras espécies de trigo na confecção de pastas alimentícias. Embora esse material não seja proveniente de trigo Durum, o termo semolina é normalmente empregado (Ciacco & Chang, 1986).

Na escolha da farinha para a produção de pastas alimentícias, convém salientar a importância da granulometria das partículas. A granulometria uniforme é mais importante que o tamanho propriamente dito, pois propiciará absorção de água mais homogênea durante a mistura e, conseqüentemente, o tempo de mistura se-

rá menor. Um tempo de mistura excessivo comprometeria a qualidade do glúten, além do que, partículas grossas, por absorverem água mais lentamente, podem ocasionar o aparecimento de pontos brancos no produto final (Hummel, 1966).

De acordo com Antognelli (1980), o tamanho das partículas de farinha, para a obtenção de melhores resultados, deve estar entre 200 e 300  $\mu\text{m}$ , com menos de 10% das partículas fora dessa faixa.

As farinhas destinadas à produção de pastas alimentícias também deverão conter teores apropriados de umidade, alfa-amilase e cinzas. A presença de alfa-amilase na farinha é uma indicação segura da ocorrência de germinação no trigo. No Brasil, devido às condições climáticas, é comum se encontrar farinhas com teores excessivos de alfa-amilase (Ciacco & Chang, 1986).

## 1.2. Água

A água utilizada na produção de pastas alimentícias deve ser clara, sem gosto, odor e microorganismos e deve conter alguns sais minerais. Os sais minerais presentes na água interagem com o glúten, influenciando na textura da massa (Hummel, 1966).

Antognelli (1980) recomenda, para o processamento de pastas alimentícias, água com 30° de dureza, baixo teor de sódio, magnésio e íons cloreto e com teor de ferro o mais baixo possível.

### **1.3. Outros ingredientes**

Outros ingredientes que podem ser adicionados à mistura são: sal, ovos, proteína de soja, temperos, glúten, vegetais, corantes, vitaminas e minerais (Banasik, 1981). Esses ingredientes são geralmente usados para melhorar as características reológicas da massa, melhorar a cor ou mesmo para elevar o valor nutritivo do produto final (Ciacco & Chang, 1986).

### **2. Preparação da matéria-prima**

Segundo Ciacco & Chang (1986), a preparação da matéria-prima inclui a recepção da farinha no depósito, armazenamento, análise da qualidade, combinação de lotes diferentes em proporções determinadas, remoção de materiais estranhos e transporte da matéria-prima até o dispositivo dosificador.

### **3. Mistura**

Durante a operação de mistura, a água é adicionada à farinha de maneira que a massa tenha umidade em torno de 31% (Banasik, 1981). As duas reações fundamentais que ocorrem durante esta etapa são: a hidratação do amido e a hidratação das proteínas (Antognelli, 1980). A proporção de água deve ser cuidadosamente controlada, pois pequenas variações na sua quantidade causam

transformações nas propriedades viscoelásticas do glúten, que comprometem as etapas posteriores do processamento (Hummel, 1966).

A temperatura da água durante a mistura é um outro fator que influencia na qualidade da massa e na eficiência do processo. De acordo com Antognelli (1980), a temperatura ótima da água é de 35 a 40°C, dependendo da velocidade do misturador. Essa temperatura ligeiramente elevada diminui o tempo de mistura e confere maior plasticidade à massa, além de minimizar a oxidação dos pigmentos, que normalmente é intensa durante este estágio. Segundo Irvine & Winkler (1950), a taxa de destruição dos pigmentos aumenta com o aumento da concentração de oxigênio. Esses pesquisadores estimaram que a perda de pigmentos durante a mistura varia de 20 a 60%, dependendo da variedade do trigo, e que a destruição dos pigmentos ocorre principalmente durante a mistura; pequenas perdas adicionais podem ocorrer durante a extrusão.

Com relação aos tipos de misturadores, Hummel (1966) sugere a utilização de misturadores de eixo duplo (eixos paralelos com pás entrepostas), que dificultam a formação de grumos durante a mistura, pois giram em sentidos contrários.

#### **4. Amassamento**

O amassamento é realizado no cilindro de extrusão, para onde a massa é conduzida e onde é amassada pela ação de uma rosca sem fim. É aconselhável que o amassamento seja efetuado sob vá-

cuo, pois a desaeração propicia um produto com estrutura mais compacta e, conseqüentemente, mais resistente. A ausência de bolhas de ar confere brilho e transparência ao produto e provoca contato mais íntimo entre os grânulos, favorecendo a osmose entre os grânulos mais hidratados e os menos hidratados, reduzindo a tendência do produto se rachar durante a cocção (Antognelli, 1980).

O processo de amassamento sob vácuo, devido à maior compactação, aumenta a atividade enzimática, que vai provocar uma degradação dos componentes que determinam a qualidade do produto. Assim, é aconselhável que o amassamento seja efetuado em temperatura não propicia à atividade enzimática (abaixo de 30°C ou acima de 42°C). Considerando que as massas mornas têm uma maior plasticidade e são mais fáceis de extrudar, é conveniente utilizar temperaturas em torno de 30°C. Temperaturas mais elevadas como 42°C podem desnaturar o glúten e gelatinizar o amido. Nestas condições, a energia para a moldagem aumenta consideravelmente e a qualidade do produto é reduzida (Hummel, 1966; Antognelli, 1980; Ciacco & Chang, 1986).

A rosca sem fim é a parte mais importante da prensa de extrusão. Essa rosca não só força a massa através da matriz, como também transforma a mistura em uma massa homogênea, controla a produção e influencia na qualidade do produto. As prensas modernas são equipadas com rosca sem fim de bordas afiadas e com o passo e o diâmetro da hélice constantes em toda sua extensão (Hummel, 1966).

## 5. Moldagem

A prensagem é o método mais empregado para moldar as pastas alimentícias e consiste em injetá-la numa câmara que termina em uma trefila ou matriz, com orifícios de configurações variáveis. Ao passar por esses orifícios, a massa é sujeita a uma pressão relativamente elevada ( $80-130 \text{ kg/cm}^2$ ), adquirindo a forma desejada, que se conserva até o final do processamento. A configuração da trefila também é importante, pois assegura uma distribuição uniforme da pressão na massa a ser moldada (Hummel, 1966).

Para se evitar um aspecto indesejável da massa moldada, a trefila é revestida com materiais especiais, como o teflon, que asseguram fluxo uniforme através dos orifícios, produzindo pastas com superfície lisa (Antognelli, 1980; Banasik, 1981).

De acordo com Donnelly (1982), o teflon é empregado por três razões básicas:

1. aumenta o tempo de vida das matrizes;
2. propicia uma superfície mais lisa ao produto;
3. melhora a aparência geral do produto seco.

Donnelly ainda constatou uma melhora na qualidade de cocção (menor quantidade de resíduos na água de cocção, maior firmeza, maior tolerância a um sobre-cozimento) da pasta produzida por uma trefila cujos orifícios são recobertos por teflon, embora o tempo ótimo de cocção seja prolongado.

## 6. Seccionamento

O corte de massas alimentícias é uma operação independente da moldagem. Essa operação é realizada conforme as massas moldadas saem da trefila e antes da secagem. Na indústria, a etapa de seccionamento compreende as seguintes operações: ventilação, corte e distribuição das massas sobre dispositivos adequados para secagem. A ventilação feita imediatamente após a saída da trefila é necessária pois, além de propiciar um produto de corte fácil, ainda provoca secagem superficial, que impede a deformação e a aderência da massa extrudada (Antognelli, 1980).

O corte de massas longas, como o espaguete, é feito através de um aparelho seccionador especial, que as corta após a moldagem em peças pouco superiores a um metro de comprimento, que são aparadas antes da secagem. Após a secagem, essas peças são cortadas novamente com um disco na forma de serra no comprimento desejado, sendo depois embaladas (Hummel, 1966).

## 7. Secagem

A secagem é a etapa crítica e a mais difícil de ser controlada no processamento de pastas alimentícias (Banasik, 1981). Deve ser conduzida de maneira que o produto não quebre nem apresente rachaduras (Donnelly, 1979). Para tanto, a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do ar devem ser cuidadosamente controladas. O controle de tais parâmetros propicia secagem rápida

da, sem que a qualidade do produto seja comprometida (Ciacco & Chang, 1986).

Segundo Antognelli (1980), a umidade da pasta que emerge da matriz está por volta de 29-30%, sendo o objetivo da secagem reduzi-la para 12,5%. Abaixo de 12-12,5% de umidade, Ciacco & Chang (1986) afirmam que a velocidade de secagem é reduzida drasticamente, tornando o processo, a partir desse momento, antieconômico.

Swartzentruber *et alii* (1982) ressaltam que, se a etapa de secagem não for adequadamente controlada, permitirá o desenvolvimento extensivo de microorganismos como *Salmonella spp.* e *Staphylococcus aureus*, o que poderá resultar num potencial perigo para a saúde pública.

Atualmente, existe a tendência das indústrias de pastas alimentícias efetuarem a etapa de secagem utilizando alta temperatura.

Segundo a Buhler-Miag Corporation (1978) e Dexter *et alii* (1981), na indústria de pasta, a expressão "alta temperatura de secagem" é utilizada para temperaturas que variam de 60 a 90°C, resultando em:

- . controle bacteriológico durante o processo de secagem;
- . melhora da qualidade de cocção do produto final;
- . melhora da cor do produto final.

Os dois últimos itens podem adquirir maior relevância quando matéria-prima de qualidade inferior (por exemplo, trigo mole) é utilizada na produção de pastas. Outros benefícios: redução do tempo de secagem, linhas de secagem menores e mais compactas, facilidade de supervisão e menor manutenção.

Dexter et alii (1981) estudaram os efeitos da secagem à alta temperatura nas propriedades do espaguete. Compararam as características do espaguete produzido por dois tratamentos de secagem à alta temperatura (no início e no final do ciclo de secagem) e por um tratamento de secagem à baixa temperatura. Ambos os tratamentos à alta temperatura apresentaram a vantagem da grande redução do tempo de secagem. O tratamento que utilizou alta temperatura nos estágios iniciais de secagem forneceu um espaguete com intensidade de cor muito melhor que o espaguete seco à baixa temperatura. As características de cocção deste tratamento à alta temperatura, embora inferiores ao tratamento à baixa temperatura, foram satisfatórias. O tratamento que utilizou alta temperatura nos ciclos finais de secagem forneceu um espaguete com cor igual ou melhor que o produzido à baixa temperatura, além de exibir propriedades de cocção superiores.

Pavan (1980) prefere utilizar altas temperaturas nos estágios iniciais do processo de secagem pois, dessa maneira, ocorre uma redução considerável dos efeitos da reação de Maillard e da atividade enzimática durante a etapa inicial do processo de secagem, além de uma efetiva destruição térmica de microorganismos.

Segundo a Buhler-Miag Corporation (1978), temperaturas

acima de 90°C, devido à reação de Maillard, mudam a cor do produto para marrom, além de propiciar efeitos indesejáveis no sabor (amargo). Para produtos com ovos, recomenda-se uma temperatura máxima de secagem de 70°C.

Dexter *et alii* (1982) verificaram o efeito das condições de secagem, as mesmas utilizadas em seu trabalho de 1981, nos níveis de tiamina, riboflavina e niacina em espaguete enriquecido com uma mistura de enriquecimento. Observaram que alguma riboflavina foi perdida durante os três ciclos de secagem; em contraste, a tiamina e niacina permaneceram estáveis durante a secagem.

Matsuo *et alii* (1970), estudando a destruição de pigmentos durante os vários estágios do processamento de pastas alimentícias, observaram que a maior parte dos pigmentos foi destruída durante a etapa de secagem.

A secagem é normalmente dividida em três etapas: pré-secagem, repouso e secagem propriamente dita (Hummel, 1966; Donnelly, 1979; Antognelli, 1980; Banasik, 1981; Ciacco & Chang, 1986).

### 7.1. Pré-secagem

A pré-secagem tem por finalidade a estabilização da rede de glúten, tornando rígida a estrutura da massa e possibilitando o seu manuseio. Inibe o escurecimento enzimático na superfície, reduz o tempo de secagem total e minimiza o desenvolvimento de microorganismos. Durante a pré-secagem, a massa moldada é coloca-

da em contato com ar quente. A umidade relativa é mantida em torno de 65% e a temperatura varia de 50 a 65°C, dependendo da forma da massa. Nessas condições, o teor de umidade cai de 30-31% para 18-19%, durante um período de 1-2 horas.

## **7.2. Repouso**

Na etapa de repouso, a circulação do ar é desligada e a umidade relativa é mantida em torno de 95-100%. Nessas condições, não ocorre evaporação da água e o gradiente de umidade entre o interior e o exterior do produto é reduzido. Esta etapa é necessária pois, após determinado período de secagem, a migração de água do interior para o exterior do produto diminui, devido ao endurecimento da camada externa, a qual perde a plasticidade, podendo trincar-se ou então adquirir uma forma tensionada.

## **7.3. Secagem final**

As condições de secagem variam para os diferentes tipos de pastas alimentícias. O estágio final é o mais prolongado de toda operação de secagem. Nele, a umidade do produto diminui de 18-19% para 13-12,5%, sendo necessário controle periódico da umidade relativa.

Durante toda operação de secagem de massas longas, a direção da circulação do ar no interior da cabine de secagem deve

ser no sentido descendente. Se a circulação for no sentido ascendente, teremos uma agitação excessiva dos produtos. Por outro lado, circulando o ar no sentido horizontal, podem ocorrer deformações dos mesmos (Ciacco & Chang, 1986).

## **8. Embalagem e armazenamento**

As pastas alimentícias são geralmente embaladas em sacos de celofane ou polietileno, ou então em caixas de papel cartão, com ou sem janelas de celofane ou polietileno, em pacotes de 250, 500 e 1000 g. Na Itália, onde o espaguete é consumido em grandes quantidades, comercializam-se caixas de papelão contendo de 5 a 10 kg de produto (Ciacco & Chang, 1986).

As massas longas, como o espaguete, são armazenadas depois de embaladas pois, devido à possibilidade de quebra, o armazenamento a granel torna-se problemático.

As pastas alimentícias podem ser conservadas por longo tempo, quando armazenadas em condições propícias. Devido às suas características higroscópicas, os produtos com cerca de 12% de umidade devem ser mantidos em depósitos com umidade relativa em torno de 65% (Hummel, 1966).

Segundo Woodcock *et alii* (1982), envelhecimento e ganho ou perda de umidade têm sido usados como parâmetros para estimar o tempo de prateleira de pastas. Mas, a perda de vitaminas e o decréscimo da qualidade da proteína são outras duas maneiras de deterioração que podem ocorrer nos produtos de pasta.

Kamman *et alii* (1981) estudaram a estabilidade da tiamina em pastas alimentícias e verificaram que esta depende da temperatura e da atividade de água. Concluíram que, desde que as pastas têm normalmente atividade de água entre 0,44-0,50 e são estocadas por 12-18 meses, a perda de tiamina poderá ser insignificante se a pasta for mantida abaixo de 30°C e a 50% de umidade relativa.

Woodcock *et alii* (1982) estudaram a estabilidade da riboflavina em pastas alimentícias e concluíram que esta é extremamente influenciada pela exposição à luz durante o armazenamento. Observaram que, quando uma camada única de macarrão foi exposta a condições moderadas de luz, mais da metade da riboflavina foi perdida no primeiro dia e mais aproximadamente 10% foram perdidos após 35 dias de exposição à luz. Kamman *et alii* (1981) e Woodcock *et alii* (1982) concluíram que, de um ponto de vista prático, tiamina e riboflavina apresentam pouca ou nenhuma perda durante a distribuição e armazenamento, por períodos acima de um ano, sob condições moderadas de temperatura e na ausência de luz. Riboh & Labuza (1982) concluíram o mesmo para a tiamina.

Furuya & Warthesen (1984) estudaram os efeitos do tipo de embalagem de produtos de pasta vendidos comercialmente na retenção de riboflavina. Os tipos de embalagens foram três: sacos transparentes, caixas de papel cartão, com ou sem janelas transparentes. Após uma semana de armazenamento, sob condições moderadas de luz (50 foot-candle (ft-c)), as embalagens de papel cartão, com ou sem janelas transparentes, apresentaram uma retenção de aproximadamente 100%. Produtos embalados em sacos transparen-

tes apresentaram uma retenção de 70%. As condições de luz de 50, 150 e 250 ft-c demonstraram ter o mesmo impacto relativo na degradação da riboflavina.

Em outro trabalho de 1984, Furuya & Warthesen estudaram a influência do conteúdo inicial de riboflavina em pastas alimentícias, durante o armazenamento sob condições controladas de luz (150 ft-c). Observaram que após uma rápida degradação inicial, o nível de riboflavina continuou a decrescer lentamente. Após 12 semanas, mais de 80% da riboflavina foi degradada. Observaram que as perdas de riboflavina eram independentes da concentração inicial.

Dexter *et alii* (1982) estudaram a estabilidade da tiamina, riboflavina e niacina em espaguete durante 3 meses de armazenamento. Observaram que os níveis de tiamina e niacina não foram alterados durante o armazenamento. O conteúdo de riboflavina decresceu em 15% durante o armazenamento.

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PASTAS ALIMENTÍCIAS

Vários testes são feitos para a avaliação da qualidade de pastas alimentícias: testes de cozimento, cor, textura. Os testes de cozimento são: tempo de cocção, aumento de volume, absorção de água e resíduo na água de cocção. A tabela 1 nos dá uma idéia de valores já obtidos através destes testes.

De acordo com Abdel-Rahman (1982) o tempo ótimo de cocção para espaguete está entre 10 e 18 minutos, estando a média em 13 minutos. O bom espaguete absorve mais água, apresenta maior firmeza e estabilidade após 15 minutos de cocção, sendo o tempo de cocção o principal determinante da qualidade.

Ranhotra *et alii* (1985) determinaram tempo de cocção ótimo de 14 minutos para espaguete e Dexter *et alii* (1981), 12 minutos. Abdel-Rahman (1982) ressalta que o tempo de cocção afeta a porcentagem de nitrogênio solúvel e de amido na água de cocção. Assim, não é aconselhável cozer o espaguete por mais de 15 minutos, a fim de se minimizar estas perdas.

Todos esses pesquisadores efetuaram a cocção do espaguete sem a adição de sal ou óleo à água de cocção. Estudos preliminares mostraram que a presença ou ausência de sal não interfere na taxa de perda das vitaminas de enriquecimento durante a cocção (Dexter *et alii*, 1982).

Abdel-Rahman (1982) comparou os efeitos de tempos de cocção diferentes no conteúdo vitamínico de espaguete, pela análise da água de cocção. Observou que a água de cocção continha quantidades mensuráveis de vitaminas aquossolúveis e que as quan-

**Tabela 1:** Parâmetros de cozimento de pastas alimentícias.

Volume (cc) de 100g de produto	85	92	85	87	87	95
Teste						
Tempo de cozimento (min)	18 28	18 28	18 28	18 28	18 28	18 28
Água absorvida (g)	188 260	195 235	200 260	162 200	181 237	221 294
Volume do produto cozido (cc)	275 350	285 335	260 350	245 305	265 330	315 370
Aumento de volume	3,2 4,0	3,0 3,6	3,0 4,0	2,8 3,5	3,1 3,8	3,3 3,9
Resíduo (%)	5,0 5,5	6,2 6,6	4,6 5,4	5,8 7,0	5,5 6,3	8,0 11,5
Qualidade de cozimento	muito bom	bom	muito bom	médio	bom	ruim

Fonte: Ciacco & Chang, 1986.

tidades de vitaminas lixiviadas aumentavam com o aumento do tempo de cocção.

Segundo Ranhotra *et alii* (1985), devido ao descarte da água de cocção, as pastas cozidas retêm apenas uma fração das vitaminas B presentes nos produtos secos.

Dexter *et alii* (1982) verificaram o efeito das condições de processamento e preparo (tempo de cocção) na retenção de tiamina, riboflavina e niacina em espaguete enriquecido com uma mistura de enriquecimento. A mistura de enriquecimento influenciou na cor do espaguete, melhorando-a, mas não teve efeito na qualidade de cocção. Todas as três vitaminas foram rapidamente perdidas durante a cocção. Análises de água de cocção mostraram que as perdas de tiamina e riboflavina resultaram do efeito combinado da degradação térmica e da lixiviação para a água de cocção. Embora a retenção de vitaminas (39%, 30% e 48% para tiamina, riboflavina e niacina, respectivamente) estivesse significativamente relacionada aos níveis de enriquecimento e à temperatura utilizada na secagem, o tempo de cocção foi o fator predominante na retenção de cada vitamina durante a cocção.

Furuya & Warthesen (1984) estudaram a influência do conteúdo de riboflavina em pastas alimentícias durante o armazenamento e a cocção. Concluíram que a lixiviação para a água de cocção é a principal fonte de perdas de riboflavina, sendo independente da concentração inicial.

Khan *et alii* (1982) estudaram os efeitos das condições de preparo do espaguete servido em lanchonetes universitárias no conteúdo de tiamina. Observaram que não ocorreram perdas signifi-

cativas de tiamina no espagete que, depois de pronto, foi submetido ao armazenamento congelado, ao reaquecimento convencional e por microondas, e que ficou sendo aquecido por vapor, no momento de ser servido. As retenções variaram de 90,8 a 99,2%.

Segundo Ranhotra *et alii* (1983), apesar da perda das vitaminas de enriquecimento durante a cocção (49,4% de tiamina, 37,9% de riboflavina e 45,7% de niacina), as pastas alimentícias continuam sendo uma boa fonte dessas vitaminas. Cálculos demonstram que uma porção de 12 onças do produto cozido provê 37%, 15% e 20% da U. S. Recommended Daily Allowance para tiamina, riboflavina e niacina, respectivamente. As contribuições em proteínas, outras vitaminas e minerais aumenta ainda mais quando consumidas como parte de uma refeição balanceada.

## MATERIAL E MÉTODOS

### I. MATERIAL

#### 1. MATÉRIA-PRIMA

Foi utilizada farinha do tipo especial produzida pela Rações Anhanguera, Duratex S/A.

As vitaminas utilizadas no enriquecimento foram fornecidas pela Roche - Produtos Químicos e Farmacêuticos S/A.

As vitaminas foram utilizadas na seguinte forma:

- . Tiamina: mononitrato de tiamina
- . Riboflavina: riboflavina
- . Niacina: nicotinamida

#### 2. REAGENTES

Foram utilizados reagentes com o grau de pureza requerido pelos métodos de análise química.

#### 3. EQUIPAMENTOS

Além dos aparelhos e equipamentos comuns de laboratório,

foram também utilizados os seguintes:

- . Extrusor Ratiotrol para pastas alimentícias, modelo R12 A - 1/8 HP.
- . Secador para espaguete.
- . Moimho Tecnal, modelo TE 020.
- . Espectrofotômetro Micronal, modelo B29511.
- . Espectrofotômetro Filterfarbmessegerat, RFC-3 Computer HP 2100 A.
- . Fluorímetro eletrônico Coleman, modelo 12 C.
- . Autoclave Lufenco, modelo 39.206-vapor.
- . Autoclave vertical Fabbe, a gás, modelo 103.
- . Centrífuga Fanem, modelo 204-NR.
- . Estufa Fanem, modelo 320-SE, com circulação forçada de ar.
- . Banho-maria Fanem, modelo 120/1, com controle de temperatura.

## **II. MÉTODOS EXPERIMENTAIS**

### **1. ADIÇÃO DE VITAMINAS**

As vitaminas (tiamina, riboflavina e niacina) foram diluídas em água, a qual foi adicionada à farinha durante a mistura.

Inicialmente, foram quantificados os teores de tiamina, riboflavina e niacina naturalmente presentes na farinha de trigo. Seguiu-se a avaliação das perdas dessas vitaminas durante os três

tratamentos de secagem empregados, bem como foram avaliadas as características dos espaguetes produzidos.

O processamento envolveu três condições diferentes de secagem:

BT: baixa temperatura de secagem.

AT-1: alta temperatura durante os estágios iniciais de secagem.

AT-2: alta temperatura durante os estágios finais de secagem.

Através dos resultados obtidos, foi escolhido um dos tratamentos de secagem, em função da retenção de vitaminas e do custo do tipo de tratamento de secagem.

Na segunda etapa deste trabalho, verificamos a estabilidade das vitaminas em função do nível de enriquecimento, nas condições de secagem e cocção fixadas anteriormente. Os níveis de adição foram calculados considerando os níveis médios de tiamina, riboflavina e niacina, presentes no trigo nacional e as perdas ocorridas durante a secagem e a cocção.

Adicionou-se à farinha uma quantidade de vitamina de modo que, considerando-se o teor natural desta presente na farinha e as perdas que ocorrem devido ao processamento e à cocção, determinadas na primeira etapa deste trabalho, pudessem ser obtidos no produto cozido os seguintes níveis:

. N: média da referida vitamina, presente no trigo nacional.

. -30%: média - 30%, ou seja, 70% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

- . +20%: média + 20%, ou seja, 120% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.
- . +40%: média + 40%, ou seja, 140% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

Os cálculos foram feitos para as três vitaminas, nos quatro níveis de adição estudados (N, -30%, +20% e +40%), partindo da seguinte fórmula, para o nível de adição N:

$$(A + TN) \times (1 - P) = M$$

onde: A = quantidade de vitamina a ser adicionada.

TN = teor natural da vitamina presente na farinha utilizada.

P = perdas da vitamina devidas ao processamento e à cocção.

M = teor médio da vitamina presente no trigo nacional.

Rearranjando os termos, temos que a quantidade de vitamina a ser adicionada é dada por:

$$A = \frac{M}{1 - P} - TN$$

Para os cálculos das quantidades de vitaminas a serem adicionadas, relativas aos níveis -30%, +20% e +40%, o valor A foi multiplicado por 0,7, 1,2 e 1,4, respectivamente.

Na terceira etapa deste trabalho, estudamos a estabilidade da tiamina, da riboflavina e da niacina, durante o armazenamento. Foi também investigada a influência da luz durante o armazenamento. Os espaguetes foram produzidos utilizando o tratamento de secagem fixado e o nível de adição determinado na etapa anterior, em função da retenção de vitaminas. As amostras foram armazenadas por 1, 2 e 3 meses, à temperatura ambiente, embaladas em sacos de celofane, protegidas ou não da luz.

## **2. MISTURA**

A 2 kg de farinha especial foram adicionados 600 ml de água de torneira (30% do peso da farinha). Em seguida, esses componentes foram homogeneizados à mão e transferidos para o misturador do extrusor, onde foi efetuada a mistura, por 5 minutos.

## **3. EXTRUSÃO**

O extrusor utilizado possui as seguintes características:

. misturador com eixo duplo de pás entrepostas.

velocidade: 110 rpm.

. rosca sem fim com taxa de compressão 1:1 e passo da hélice constante em toda sua extensão.

velocidade: 37 rpm.

. matriz para espaguete, com orifícios de 3 mm de diâmetro, recobertos com teflon.

Após a extrusão, o espaguete foi cortado com tesoura no comprimento de aproximadamente 50 cm. O espaguete foi a seguir estendido em bastões de madeira e conduzido à secagem.

#### **4. SECAGEM**

A secagem foi feita no secador por nós desenvolvido. Esse secador possui as paredes de madeira e uma porta de acrílico, para melhor acompanhamento do processo de secagem. Possui as seguintes dimensões: 30 cm X 30 cm X 30 cm.

Para o controle de temperatura, o secador foi colocado no interior de uma estufa com circulação forçada de ar.

Para o controle da umidade relativa, dentro do secador, foram utilizadas soluções salinas saturadas. Essas soluções foram colocadas em recipientes conectados em série. Uma das extremidades dessa série foi conectada à saída de uma bomba de vácuo. O ar, passando por essa série de recipientes, era introduzido no secador, dentro da estufa, garantindo, aproximadamente, a condição de umidade relativa desejada.

Para a obtenção da umidade relativa desejada, foram utilizadas soluções saturadas dos seguintes sais:

SAL	U.R. APROXIMADA (%)
$K_2SO_4$	95
$BaCl_2$	85
$NaCl$	75
$NaNO_2$	65

Para a secagem, utilizaram-se condições semelhantes às empregadas por Dexter et alii (1981). Foram utilizados três tratamentos de secagem, um à baixa temperatura e dois à alta temperatura.

- . Baixa temperatura (BT): o espaguete foi mantido a  $45^{\circ}C$  por 27 horas. A umidade relativa, dentro do secador, foi fixada em 95% durante as três primeiras horas, em 85% durante quatro horas, em 75% durante quinze horas e em 65% durante as cinco horas finais de secagem.
- . Alta temperatura 1 (AT-1): o espaguete foi mantido a  $75^{\circ}C$  por 30 minutos; depois, a temperatura foi reduzida para  $40^{\circ}C$  durante um período de 5 horas, mantendo-se a essa temperatura por mais 6 horas. A umidade relativa, dentro do secador, foi fixada em 95% durante as três primeiras horas, em 85% durante duas horas, em 75% durante três horas e em 65% du-

rante as cinco horas finais de secagem.

- . Alta temperatura 2 (AT-2): o espaguete foi mantido a 40°C por 30 minutos, a 55°C por mais 30 minutos e a 70°C por 10 horas; seguiu-se um resfriamento rápido para 45°C, mantendo-se a essa temperatura por mais 1 hora. A umidade relativa, dentro do secador, foi fixada em 95% durante as duas primeiras horas, em 85% durante três horas, em 75% durante três horas e em 65% durante as quatro horas finais de secagem.

Para assegurar a condição de 95% de umidade relativa foram colocados recipientes com água dentro do secador.

## **5. EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO**

O espaguete produzido foi embalado em sacos de celofane e armazenados por 1, 2 e 3 meses, à temperatura ambiente, com ou sem proteção à luz. As amostras protegidas contra a luz foram recobertas, além do saco de celofane, com folhas de papel alumínio.

## **III. MÉTODOS ANALÍTICOS**

### **1. DETERMINAÇÃO DE VITAMINAS**

Para a análise das vitaminas presentes na farinha, foram

utilizadas amostras de 4 g .

Para a análise das vitaminas presentes no espaguete seco, o mesmo foi moído no moinho Tecnal. Foram utilizadas amostras de 4 g.

Para a análise das vitaminas presentes no espaguete cozido, o mesmo foi cozido pelo tempo de cocção pré-determinado. Foram utilizadas amostras de 15 g. Para a etapa de extração das vitaminas do espaguete cozido, as amostras foram trituradas em almofariz com areia tratada para fins analíticos.

### **1.1. Tiamina**

Segundo A.A.C.C. (1969), método N<sup>o</sup> 86-80.

### **1.2. Riboflavina**

Segundo A.A.C.C. (1969), método N<sup>o</sup> 86-70.

### **1.3. Niacina**

Segundo A.A.C.C. (1969), método N<sup>o</sup> 86-50.

## **2. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE COCCÃO DO ESPAGUETE**

### **2.1. Tempo de cocção**

Segundo Ciacco & Chang (1986).

Este teste baseia-se nas transformações decorrentes da gelatinização. Consiste na observação do aspecto do espagete cozido, após pressioná-lo entre duas lâminas de vidro.

### **2.2. Testes de cozimento**

Segundo A.A.C.C. (1969), método N<sup>o</sup> 16-50.

## **3. DETERMINAÇÃO DA COR DO ESPAGUETE**

Foi utilizado o colorímetro Filterfarbmessgerat RFC-3, computer HP 3100 A, com disco de 7900 A e lâmpada de xenon XB 250 W, previamente calibrado com sulfato de bário.

## **4. UNIDADE**

### **4.1. Espagete seco**

Segundo A.A.C.C. (1969), método N<sup>o</sup> 44-15a.

#### **4.2. Espaguete cozido**

Foi utilizado um método de determinação de umidade em duas etapas, segundo A.A.C.C. (1969), métodos nº 44-18 e 44-40, com algumas modificações.

Na primeira etapa, o espaguete cozido foi seco a 30-40°C por 16 horas, em estufa com circulação forçada de ar.

Na segunda etapa, a temperatura da estufa foi elevada para 135°C, deixando-se as amostras à essa temperatura por mais 2 horas.

#### **5. PROTEÍNA**

Segundo A.A.C.C. (1969), método Nº 46-11.

#### **6. GORDURA**

Segundo o método de Bligh & Dyer (1959).

Este método baseia-se na extração de lipídios totais com uma mistura de clorofórmio, metanol e água, na proporção de 1:2:0,8, ficando os lipídios retidos na fase clorofórmio.

## **7. CINZAS**

Segundo A.A.C.C. (1969), método N<sup>o</sup> 08-11.

## **8. CARBOIDRATOS**

Determinados por diferença.

## **9. GRANULOMETRIA**

Foi utilizado o aparelho Produ-Test, com as seguintes peneiras padrões USS: 60, 80, 100, 150, 170 e F.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CARACTERÍSTICAS DA FARINHA DE TRIGO

#### Composição centesimal

A tabela 2 mostra os teores dos principais componentes presentes na farinha de trigo utilizada. Estes resultados revelam que a farinha utilizada está dentro dos padrões estabelecidos pelo Decreto nº 12.486/78, publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo, em 21 de outubro de 1978.

#### Teores de tiamina, riboflavina e niacina

Os teores de tiamina, riboflavina e niacina, presentes na farinha utilizada, são mostrados na tabela 3 e são semelhantes aos encontrados na literatura para farinha de trigo (Ranum, 1980).

#### Distribuição por tamanho das partículas

A tabela 4 mostra que a distribuição do tamanho das partículas não é homogênea, mas mais de 70% das partículas ficaram retidas nas peneiras de padrão USS 60 e 80 (0,177 a 0,250  $\mu\text{m}$ ).

**Tabela 2.** Composição centesimal da farinha de trigo utilizada.

Componente	%
Umidade	12,40
Proteína	12,00
Gordura	1,40
Carboidratos	73,85
Cinzas	0,35

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 3.** Teores de tiamina, riboflavina e niacina naturalmente presentes na farinha especial utilizada.

Vitamina	Teor (mg/100g)
Tiamina	0,133
Riboflavina	0,057
Niacina	1,232

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 4.** Granulometria das partículas da farinha de trigo utilizada.

Peneira padrão USS	%
60	27,05
80	44,10
100	3,10
150	13,30
170	12,05
Fundo	0,40

Estes resultados indicam que a farinha utilizada é apropriada para a confecção de pastas alimentícias.

### **Propriedades viscoamilográficas**

No viscoamilograma obtido com a farinha de trigo, o pico de viscosidade ultrapassou as 1000 Unidades Amilográficas (U.A.), indicando a ausência de atividade da enzima alfa-amilase na farinha.

A presença dessa enzima na farinha influenciaria as características de cocção do espaguete, pois sua ação durante a etapa de cocção provoca a hidrólise do amido, aumentando o resíduo na água de cocção e tornando o produto pegajoso (Ciacco & Chang, 1986).

## RETENÇÃO DE VITAMINAS

As características tecnológicas dos espaguete obtidos nas diferentes condições de secagem são apresentados na tabela 5. Estes resultados, comparados com aqueles apresentados por Ciacco & Chang (1986), indicam que os produtos obtidos foram de boa qualidade. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas nas características de qualidade entre os espaguete processados em diferentes condições de secagem.

As tabelas 6, 7 e 8 mostram os resultados obtidos para a estabilidade da tiamina, riboflavina e niacina, respectivamente, durante o processamento e cocção, em função do tratamento de secagem.

As perdas observadas durante o processo de cocção foram maiores que aquelas observadas nos vários tratamentos de secagem, o que está inteiramente de acordo com os dados da literatura (Dexter et alii, 1982; Furuya & Warthesen, 1984; Ranhotra et alii, 1985 e Abdel-Rahman, 1984). Entre as vitaminas, a niacina apresentou as menores perdas durante o processo de cocção, seguida da riboflavina e da tiamina. Estes dados mostram que, entre as três vitaminas, a niacina é a mais termoestável enquanto que a tiamina é a mais termolável. Os resultados obtidos no presente trabalho, em conjunção com os da literatura, indicam que as perdas durante a cocção ocorrem tanto por destruição térmica como por lixiviação para a água de cocção.

As menores perdas, para as três vitaminas, nos vários tratamentos de secagem, foram observadas naquele tratamento con-

**Tabela 5.** Características tecnológicas do espaguete, em função do tratamento de secagem.

Tratamento de secagem	Tempo de cocção (min)	Aumento de volume	Absorção de água (%)	Resíduo na água de cocção (%)
BT	14	3,14	218	6,2
AT-1	14	3,28	224	6,1
AT-2	14	3,33	227	5,9

BT: baixa temperatura de secagem.

AT-1: alta temperatura durante os estágios iniciais de secagem.

AT-2: alta temperatura durante os estágios finais de secagem.

**Tabela 6.** Estabilidade da tiamina durante o processamento e cocção, em função do tratamento de secagem.

Tratamento de secagem	Teor após processamento (mg/100g)	Perdas no processamento (%)	Teor após cocção (mg/100g)	Perdas na cocção (%)	Perdas totais (%)
BT	0,109	18	0,046	58	65
AT-1	0,107	20	0,047	56	65
AT-2	0,107	20	0,046	57	65

BT: baixa temperatura de secagem.

AT-1: alta temperatura durante os estágios iniciais de secagem.

AT-2: alta temperatura durante os estágios finais de secagem.

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 7.** Estabilidade da riboflavina durante o processamento e cocção, em função do tratamento de secagem.

Tratamento de secagem	Teor após processamento (mg/100g)	Perdas no processamento (%)	Teor após cocção (mg/100g)	Perdas na cocção (%)	Perdas totais (%)
BT	0,055	4	0,027	51	53
AT-1	0,048	16	0,023	52	60
AT-2	0,044	23	0,024	45	58

BT: baixa temperatura de secagem.

AT-1: alta temperatura durante os estágios iniciais de secagem

AT-2: alta temperatura durante os estágios finais de secagem.

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 8.** Estabilidade da niacina durante o processamento e cocção, em função do tratamento de secagem.

Tratamento de secagem	Teor após processamento (mg/100g)	Perdas no processamento (%)	Teor após cocção (mg/100g)	Perdas na cocção (%)	Perdas totais (%)
BT	1,225	1	0,691	44	44
AT-1	0,884	28	0,594	33	52
AT-2	0,881	28	0,576	35	53

BT: baixa temperatura de secagem.

AT-1: alta temperatura durante os estágios iniciais de secagem.

AT-2: alta temperatura durante os estágios finais de secagem.

Resultados expressos em base seca.

duzido à baixa temperatura. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas nas perdas decorrentes dos dois tratamentos à alta temperatura. As perdas observadas durante o processo de secagem contrastaram com os resultados obtidos por Dexter *et alii* (1982), que observou perdas de riboflavina, mas não de tiamina e niacina durante a secagem.

Com relação à cor, os espaguetes produzidos pelos tratamentos de secagem AT-1 e AT-2 apresentaram a mesma diferença total de cor (DE = 2,6) quando comparados com o processado à baixa temperatura (BT). Assim, os espaguetes produzidos pelos tratamentos de secagem à alta temperatura apresentaram melhor cor, isto é, mais intensa, em relação ao espaguete produzido pelo tratamento de secagem à baixa temperatura.

Numa primeira análise, o tratamento de secagem à baixa temperatura deveria ser utilizado nas próximas etapas deste trabalho, pela maior retenção das três vitaminas. No entanto, devemos considerar que o tratamento de secagem à baixa temperatura (BT) tem duração de 27 horas, e que os tratamentos à alta temperatura (AT-1 e AT-2) têm duração de 13 e 12 horas, respectivamente. Assim, é de se supor que, a nível industrial, um maior dispêndio de energia não seria compensado por uma maior retenção de vitaminas no produto seco. Dessa maneira, o tratamento de secagem utilizado nas outras etapas deste trabalho foi o AT-1.

## NÍVEIS DE ADIÇÃO

A tabela 9 mostra os níveis de adição de tiamina, riboflavina e niacina utilizados no enriquecimento da farinha de trigo.

A tabela 10 mostra os teores de tiamina, riboflavina e niacina na farinha, depois de enriquecida.

A tabela 11 mostra as características tecnológicas do espaguete obtidas em função do nível de adição empregado.

As características tecnológicas dos espaguetes produzidos pelos quatro níveis de enriquecimento vitamínico da farinha foram semelhantes às obtidas na tabela 5 e também mostraram-se independentes dos níveis de adição empregados. Esses espaguetes também podem ser considerados de boa qualidade tecnológica.

As tabelas 12, 13 e 14 mostram os resultados obtidos para a estabilidade da tiamina, riboflavina e niacina, respectivamente, durante o processamento e cocção, em função do nível de adição empregado.

Pela tabela 12, observamos que as perdas de tiamina, durante o processamento e durante a cocção, permaneceram praticamente iguais àsquelas observadas para os níveis de tiamina naturalmente presentes na farinha (tabela 6). A adição de tiamina, portanto, não provocou acréscimos nas perdas desta vitamina durante a secagem ou durante a cocção. Já nos casos da riboflavina e da niacina (tabelas 13 e 14) as perdas durante o processamento e durante a cocção foram maiores que as obtidas nas tabelas 7 e 8, respectivamente, indicando que a adição de vitaminas provocou um

**Tabela 9.** Níveis de adição de tiamina, riboflavina e niacina.

---

Vitamina	Nível de adição (mg/100g)			
	-30%	N	+20%	+40%
Tiamina	0,810	1,150	1,380	1,610
Riboflavina	0,420	0,590	0,710	0,830
Niacina	5,310	7,580	9,100	10,610

---

N: média da referida vitamina presente no trigo nacional.

-30%: média - 30%, ou seja, 70% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+20%: média + 20%, ou seja, 120% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+40%: média + 40%, ou seja, 140% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 10.** Teores de tiamina, riboflavina e niacina presentes na farinha utilizada.

Vitamina	Nível de adição (mg/100g)			
	-30%	N	+20%	+40%
Tiamina	0,943	1,283	1,513	1,743
Riboflavina	0,477	0,647	0,767	0,887
Niacina	6,542	8,812	10,332	11,842

N: média da referida vitamina presente no trigo nacional.

-30%: média - 30%, ou seja, 70% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+20%: média + 20%, ou seja, 120% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+40%: média + 40%, ou seja, 140% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 11.** Características tecnológicas do espaguete, em função do nível de adição empregado.

Nível de adição	Tempo de cocção (min)	Aumento de volume	Absorção de água (%)	Resíduo na água de cocção (%)
-30%	14	3,27	225	6,5
N	14	3,24	222	5,7
+20%	14	3,24	221	5,5
+40%	14	3,35	235	6,8

N: média da referida vitamina presente no trigo nacional.

-30%: média - 30%, ou seja, 70% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+20%: média + 20%, ou seja, 120% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+40%: média + 40%, ou seja, 140% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

**Tabela 12.** Estabilidade da tiamina durante o processamento e cocção, em função do nível de adição empregado.

Nível de adição	Teor após processamento (mg/100g)	Perdas no processamento (%)	Teor após cocção (mg/100g)	Perdas na cocção (%)	Perdas totais (%)
-30%	0,785	17	0,325	59	66
N	1,058	18	0,434	59	66
+20%	1,236	18	0,521	58	66
+40%	1,464	16	0,636	57	64

N: média da referida vitamina presente no trigo nacional.

-30%: média - 30%, ou seja, 70% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+20%: média + 20%, ou seja, 120% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+40%: média + 40%, ou seja, 140% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 13.** Estabilidade da riboflavina durante o processamento e cocção, em função do nível de adição empregado.

Nível de adição	Teor após processamento (mg/100g)	Perdas no processamento (%)	Teor após cocção (mg/100g)	Perdas na cocção (%)	Perdas totais (%)
-30%	0,357	25	0,170	52	64
N	0,481	26	0,236	51	64
+20%	0,598	22	0,272	55	65
+40%	0,666	25	0,298	55	66

N: média da referida vitamina presente no trigo nacional.

-30%: média - 30%, ou seja, 70% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+20%: média + 20%, ou seja, 120% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+40%: média + 40%, ou seja, 140% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 14.** Estabilidade da niacina durante o processamento e cocção, em função do nível de adição empregado.

Nível de adição	Teor após processamento (mg/100g)	Perdas no processamento (%)	Teor após cocção (mg/100g)	Perdas na cocção (%)	Perdas totais (%)
-30%	4,369	33	2,888	34	56
N	5,632	36	3,982	29	55
+20%	6,481	37	4,443	31	57
+40%	7,329	38	4,936	33	58

N: média da referida vitamina presente no trigo nacional.

-30%: média - 30%, ou seja, 70% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+20%: média + 20%, ou seja, 120% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

+40%: média + 40%, ou seja, 140% do teor médio da referida vitamina presente no trigo nacional.

Resultados expressos em base seca.

aumento nas perdas, principalmente durante a secagem. Em relação aos níveis de adição, para as três vitaminas, as perdas durante o processamento e durante a cocção mostraram-se independentes do nível de adição utilizado, podendo ser consideradas constantes para os quatro níveis de adição empregados.

Com relação à cor, tomando a amostra -30% como padrão, as amostras N, +20% e +40% apresentaram as seguintes diferenças totais de cor (DE), respectivamente, 0,8, 3,5 e 4,1, indicando que a adição dessas vitaminas melhorou a cor do produto final, sendo tal fato provavelmente devido à riboflavina.

Como concluímos pelas tabelas 11, 12, 13 e 14 que a retenção das três vitaminas e as características tecnológicas dos espaguetes produzidos a partir de farinhas enriquecidas com os quatro níveis de adição são independentes do nível de adição empregado, na próxima etapa deste trabalho estudamos a estabilidade das três vitaminas durante o armazenamento utilizando apenas o nível de adição N. Observamos que, após o processamento e a cocção, o espaguete produzido com esse nível de enriquecimento apresentou 96%, 91% e 94%, respectivamente, dos teores médios de tiamina, riboflavina e niacina, presentes no trigo nacional.

## ARMAZENAMENTO

A tabela 15 mostra as características tecnológicas determinadas para o espaguete durante o período de armazenamento, com ou sem influência da luz.

As características tecnológicas dos espaguetes produzidos não foram afetadas pelo período de armazenamento estudado, nem pela exposição ou não do produto à luz.

As tabelas 16, 17 e 18 mostram os resultados obtidos para a estabilidade da tiamina, riboflavina e niacina, respectivamente, durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.

O espaguete enriquecido com o nível N e produzido pelo tratamento de secagem AT-1 apresentava os seguintes níveis iniciais de tiamina, riboflavina e niacina: 1,058, 0,481 e 5,623 mg/100g de produto seco, respectivamente.

Pela tabela 16, observamos que não ocorreram perdas de tiamina durante o armazenamento, com ou sem influência da luz. Era esperada alguma perda de tiamina, uma vez que o ambiente em que o espaguete foi armazenado não possuía controle de umidade relativa, intensidade de luz e temperatura (Kamman *et alii*, 1981).

No caso do espaguete armazenado sem proteção contra a luz, ocorreram algumas perdas, mas essas foram insignificantes.

Pela tabela 17, observamos a extrema influência da luz na destruição da riboflavina durante o armazenamento. O espaguete, depois de três meses de armazenamento, reteve 87% do teor

**Tabela 15.** Características tecnológicas do espaguete armazenado, com ou sem influência da luz.

Período de armazenamento (meses)	Tempo de cocção (min)	Aumento de volume	Absorção de água (%)	Resíduo na água de cocção (%)
1 (com luz)	14	3,34	234	6,5
1 (sem luz)	14	3,33	226	6,2
2 (com luz)	14	3,33	222	6,3
2 (sem luz)	14	3,27	220	5,9
3 (com luz)	14	3,25	218	5,7
3 (sem luz)	14	3,42	236	6,1

**Tabela 16.** Estabilidade da tiamina durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.

Armazenamento	Teor vitamínico após o período de armazenamento (mg/100g)		
	1 mês	2 meses	3 meses
Com luz	1,030	1,057	1,026
Sem luz	1,068	1,081	1,068

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 17.** Estabilidade da riboflavina durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.

---

Armazenamento	Teor vitamínico após o período de armazenamento (mg/100g)		
	1 mês	2 meses	3 meses
Com luz	0,226	0,177	0,137
Sem luz	0,457	0,448	0,417

---

Resultados expressos em base seca.

**Tabela 18.** Estabilidade da niacina durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.

---

Armazenamento	Teor vitamínico após o período de armazenamento (mg/100g)		
	1 mês	2 meses	3 meses
Com luz	5,617	5,614	5,614
Sem luz	5,676	5,625	5,655

---

Resultados expressos em base seca.

inicial, quando protegido da luz, e apenas 28%, quando armazenado sem proteção à luz. Tais resultados já eram esperados e confirmam que o espaguete enriquecido deve ser armazenado na ausência de luz, para se constituir em uma boa fonte de riboflavina.

Pela tabela 18, observamos, conforme o esperado, que a niacina se manteve estável durante os três meses de armazenamento, não sendo afetada pela exposição à luz. Não ocorreram perdas, no caso do espaguete armazenado e protegido da luz. Algumas perdas, insignificantes, foram observadas no espaguete armazenado sem proteção à luz.

A tabela 19 mostra a diferença total de cor das amostras durante o armazenamento, com ou sem influência da luz.

As amostras protegidas da luz, durante o armazenamento, apresentaram maior intensidade de cor, sendo que essa intensidade foi aumentando com o aumento do tempo de armazenamento.

Estes resultados, e aqueles observados com relação à retenção de riboflavina, confirmaram que a adição desta vitamina é responsável pela melhoria da qualidade do espaguete, no que concerne à cor do produto final.

**Tabela 19.** Diferença total de cor (DE) durante o armazenamento.

Período de armazenamento (meses)	DE	
	com luz	sem luz
1	0,8	1,1
2	2,5	2,7
3	3,2	3,5

## CONCLUSÕES

. As características tecnológicas do espaguete são independentes do tratamento de secagem e do nível de enriquecimento empregados.

. Os espaguetes produzidos por tratamentos de secagem à alta temperatura, além da redução do tempo de secagem em mais de 50%, apresentam melhor cor.

. Ocorrem perdas de tiamina, riboflavina e niacina durante o processamento.

. A perda das vitaminas utilizadas no enriquecimento ocorrem principalmente durante a etapa de cocção do espaguete.

. As perdas das três vitaminas, durante o processamento e cocção, são independentes do nível de enriquecimento empregado.

. A retenção de tiamina é independente do tipo de tratamento de secagem; a de riboflavina e a de niacina são maiores no processamento que utiliza tratamento de secagem à baixa temperatura.

. Não ocorrem perdas de tiamina e de niacina se o espaguete for armazenado por três meses, com proteção à luz.

. A riboflavina, mesmo protegida da luz, apresenta perdas após três meses de armazenamento.

. O armazenamento com proteção à luz preserva a cor do espagete.

. Após três meses de armazenamento, sem influência da luz e depois de cozido, o espagete conserva 96%, 78% e 94% da tiamina, riboflavina e niacina, respectivamente, presentes inicialmente na farinha enriquecida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-RAHMAN, A. H. Y. Effect of cooking time on the quality, minerals and vitamins of spaghetti produced from two Italian durum wheat varieties. *Journal of Food Technology*, 17(3): 349-353, 1982.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). *Approved Methods*. Minnesota, 1969. Volume 02.
- ANTOGNELLI, C. The manufacture and applications of pasta as a food ingredient: a review. *Journal of Food Technology*, 15: 125-145, 1980.
- BANASIK, O. J. Pasta processing. *Cereal Foods World*, 26(4): 166-169, 1981.
- BECHTEL, W. G. and HOLLENBACK, C. M. A revised thiochrome procedure for the determination of thiamine in cereal products. *Cereal Chemistry*, 35(1): 1-14, 1958.
- BECHTEL, W. G. Fluorometric procedure for riboflavin in cereals and cereal products. *Cereal Science Today*, 7(6): 198-201, 1962.

- BEVERLY, E. J. and BLANCHARD, J. F. Vitamin and mineral content of enriched flour. **Chemistry in Canada**, August, 1958.
- BLIGH, E. G. and DYER, W. D. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canad. J. Biochem.**, 37:911, 1959.
- BORENSTEIN, B. Rationale and technology of food fortification with vitamins, minerals and amino acids. **CRC Critical Reviews in Food Technology**, 171-186, June 1971.
- BROOKE, C. L. Enrichment and fortification of cereals and cereal products with vitamins and minerals. **J. Agr. Food Chem.**, 16(2) 163-167, 1968.
- BUHLER-MIAG, Inc. High temperature drying of pasta products. **The Macaroni Journal**, 60(9): 30, 32, 1978.
- BUSS, D. and ROBERTSON, J. **Manual of Nutrition**. 8th. edition. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. London, Her Majesty's Stationery Office, 1976. 135 p.
- CAIRNS, J. A.; OSWIN, C. R. and PAINE, F. A. **Packaging for climatic protection**. London, Newnes-Butterworths, 1974.
- CALHOUN, W. K.; HEPBURN, F. N. and BRADLEY, W. B. The distribution of the vitamins of wheat in commercial mill products. **Cereal Chemistry**, 37: 755-761, 1960.

- CAMPBELL, J. A. and PELLETIER, O. Determinatin of niacin (niacinamide) in cereal products. *J. Assoc. Offic. Agr. Chemists*, 45 (2): 449-454, 1962.
- CIACCO, C. F. e CHANG, Y. K. **Massas: tecnologia e qualidade**. São Paulo, fcone Editora, 1986. 127 p. (Coleção Ciência e Tecnologia ao Alcance de Todos).
- CUNTO, M.; CRAMER, E. R. e SALGADO, D. V. **Estudos sobre o trigo. Pesquisa em 26 variedades de trigo brasileiro**. Biblioteca Brasileira de Nutrição. Serviço de Alimentação da Previdência Social (SAPS), 1956. 394 p.
- DAMON, G. E. A primer on vitamins. *The Macaroni Journal*, 57(4): 24, 26, 1975.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R. and MORGAN, B. C. High temperature drying: effect on spaghetti properties. *Journal of Food Science*, 46(6): 1741-1746, 1981.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R. and MORGAN, B. C. Effects of processing conditions and cooking time on riboflavin, thiamine, and niacin levels in enriched spaghetti. *Cereal Chemistry*, 59 (5): 328-332, 1982.
- DONNELLY, B. J. Pasta products: raw material, technology, evaluation. *The Macaroni Journal*, 61(1): 6-18, 1979.

- DONNELLY, B. J. Teflon and non-teflon lined dies: effect on spaghetti quality. *Journal of Food Science*, 47(4): 1055-1059, 1069, 1982.
- DOUGLASS, J. S. and MATTHEWS, R. H. Nutrient content of pasta products. *Cereal Foods World*, 27(11): 558-561, 1982.
- FAO/WHO Energy and protein requirements. *Technical Report Series No 522*, 1973.
- FERNANDES, J. L. A.; SHUEY, W. C. and MANEVAL, D. Bread wheat granular mill streams with potential for pasta production. II. Effect of crop year, wheat classes, and eggs on processing spaghetti. *Cereal Chemistry*, 56(6): 520-524, 1979.
- FINZI, M. L'enrichissement vitaminique des farines en rapport avec le maintien de la santé. 1958.
- FRANCO, G. V. E. *Nutrição - Teste básico e tabela de composição química dos alimentos*. 6a. edição. Rio de Janeiro, Livraria Atheneu, 1982. 227 p.
- FREED, M. *Métodos de análisis de vitaminas*. La Asociación de Químicos de Vitaminas. León, Editorial Academia, 1969. 396 p.

- FURUYA, E. M. and WARTHESEN, J. J. Packaging effects on riboflavin content of pasta products in retail markets. **Cereal Chemistry**, 61(5): 399-402, 1984.
- FURUYA, E. M. and WARTHESEN, J. J. Influence of initial riboflavin content on retention in pasta during photodegradation and cooking. **Journal of Food Science**, 49(4): 984-986, 998, 1984.
- FURUYA, E. M.; WARTHESEN, J. J. and LABUZA, T. P. Effects of water activity, light intensity and physical structure of food on the kinetics of riboflavin photodegradation. **Journal of Food Science**, 49(2): 525-528, 1984.
- GILLES, K. A.; SIBBITT, L. D. and SHUEY, W. C. Automatic laboratory dryer for macaroni products. **Cereal Science Today**, 11(8): 322-324, 1966.
- GOLDRICK, E. A. The application of vitamins in food fortification. **Food Technology in New Zealand**, 11(11): 19, 21, 23, 25, 27, 1976.
- HOFFMANN, F. - La Roche & Cia. **Compendio de vitaminas**. Basilea, Suiza, 1972. 152 p.
- HUMMEL, C. **Macaroni products: manufacture, processing and packing**. 2nd. edition. London, Food Trade Press, 1966. 287 p.

IRVINE, G. N. and WINKLER, C. A. Factors affecting the color of macaroni. II. Kinetic studies of pigment destruction during mixing. **Cereal Chemistry**, 27: 205-218, 1950.

IRVINE, G. N. Durum wheat and pasta products. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat Chemistry and Technology**. 2nd. edition. St. Paul, American Association of Cereal Chemists, 1971. Volume III, p. 777-796.

KAMMAN, J. F.; LABUZA, T. P. and WARTHESEN, J. J. Kinetics of thiamin and riboflavin loss in pasta as a function of constant and variable storage conditions. **Journal of Food Science**, 46 (5): 1457-1461, 1981.

KENT-JONES, D. W. and AMOS, A. J. **Modern Cereal Chemistry**. 6th. edition. London, Food Trade Press, 1967. 730 p.

KHAN, M. A.; KLEIN, B. P. and LEE, F. V. Thiamin content of freshly prepared and leftover Italian spaghetti served in a university cafeteria foodservice. **Journal of Food Science**, 47: 2093-2094, 1982.

LEITAO, R. F. Condições ideais para obtenção de uma pasta alimentícia. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, 34: 79-87, 1973.

- LORENZ, K. Enrichment and fortification of cereal-based products in the USA. *Lebensm.-Wiss.u.Technol.*, 15(3): 121,125, 1982.
- MADI, L. F. C.; QUAST, D. G.; SOLER, R. M.; GAZETA, E. F.; ORTIZ, S. A. and ALVIM, D. D. **Manual de projetos de embalagens para alimentos, com base na permeabilidade a gases e ao vapor de água.** Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1978.
- MARADINI FILHO, A. M.; CRUZ, R.; CHAVES, J. B. P. e KIBUUKA, G. K. Elaboração de macarrão à base de trigo e triticales. II. Influência da secagem por microondas nas qualidades físico-químicas do produto. *Boletim da SBCTA*, 18(2): 141-152, 1984.
- MARKS, J. **A guide to the vitamins. Their role in health and disease.** Lancaster, Medical and Technal Publishing Co., 1975. 208 p.
- MARTIN, V. G.; IRVINE, G. N. and ANDERSON, J. A. A micro method for making macaroni. *Cereal Chemistry*, 23: 568-579, 1946.
- MATSUO, R. R.; BRADLEY, J. W. and IRVINE, G. N. Studies on pigment destruction during spaghetti processing. *Cereal Chemistry*, 47(1): 1-5, 1970.
- McROBERTS, L. H. Determination of thiamine in enriched cereal and bakery products. *Journal of the A.O.A.C.*, 43(1): 47-54, 1960.

MURPHY, E. W.; CRINER, P. E. and GRAY, B. C. Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. *J. Agric. Food Chem.*, 23(6): 1153-1157, 1975.

PAVAN, G. High temperature drying improves pasta quality. *Food Engineering International*, february 1980.

PELLETIER, O. and CAMPBELL, J. A. A modified procedure for the determination of niacin in cereal products. *J. Assoc. Offic. Agr. Chemists*, 42(3): 625-630, 1959.

RANHOTRA, G. N.; GELROTH, J. A.; NOVAK, F. A. and BOCK, M. A. Losses of enrichment vitamins during the cooking of pasta products. *Nutrition Reports International*, 28(2): 423-427, 1983.

RANHOTRA, G. N.; GELROTH, J. A.; NOVAK, F. A. and MATTHEWS, R. H. Retention of selected B vitamins in cooked pasta products. *Cereal Chemistry*, 62(6): 476-477, 1985.

RANUM, P. M. Note on levels of nutrients to add under expanded wheat flour fortification/enrichment programs. *Cereal Chemistry*, 57(1): 70-72, 1980.

RANUM, P. M.; LOEWE, R. J. and GORDON, H. T. Effect of bleaching maturing, and oxidizing agents on vitamins added to wheat flour. *Cereal Chemistry*, 58(1): 32-35, 1981.

RIBOH, D. L. and LABUZA, T. P. Effect of sine wave temperature cycling on thiamin loss in fortified pasta. **Journal of Food Processing and Preservation**, 6: 253-264, 1982.

ROSSI, S. J. and ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural**. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciências e Tecnologia. São Paulo, 1980. 295 p. (Publicação ACIESP nº 22).

SEBRELL JR., W. H. and HARRIS, R. S. **The vitamins: chemistry, physiology, pathology, methods**. 2nd. edition. New York, Academic Press, 1968. 4 volumes.

SWARTZENTRUBER, A.; PLAYNE, W.; WENTZ, B. A.; BARNARD, R. J. and READ JR., R. B. Microbiological quality of macaroni and noodle products obtained at retail markets. **Applied and environmental microbiology**, 44(3): 540-543, 1982.

TANNENBAUM, S. R. Vitamins and minerals. In: FENNEMA, O. R., ed. **Principles of Food Science**. Part I, Chapter 7. New York, Marcel Dekker, 1976.

TAUFIG, F. Moisture in macaroni - its causes and effects. **The Macaroni Journal**, 58(7): 30, 32, 1976.

- WATSON, J. J. Development of food fortification. **Cereal Foods World**, 26(12): 662-665, 1981.
- WESTERMAN, B. D.; HAYS, B. and SCHONEWEIS, B. Improving the nutritive value of flour. **Journal of Nutrition**, 61: 137-148, 1957.
- WILLS, R. B. H.; SHAW, C. G. and DAY, W. R. Analysis of water soluble vitamins by high pressure liquid chromatography. **Journal of Chromatographic Science**, 15: 262-266, 1977.
- WOODCOCK, E. A.; WARTHESEN, J. J. and LABUZA, T. P. Riboflavin photochemical degradation in pasta measured by high performance liquid chromatography. **Journal of Food Science**, 47: 545-549, 1982.