

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Avaliação das características físico-químicas, reológicas e de qualidade de espaguete produzido com farinhas obtidas a partir de nove genótipos de trigo provenientes de cruzamento entre T. aestivum L. e T. durum L.

Andréia Galvani
Engenheira de Alimentos

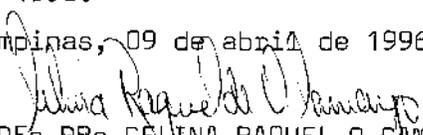
Profa. Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo
Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para Obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

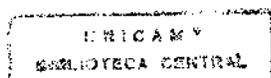
PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por ANDRÉIA GALVANI e aprovada pela Comissão Julgadora em 09 de abril de 1996.

Campinas, 09 de abril de 1996


PROFA. DRA. CELINA RAQUEL O. CAMARGO

Campinas - SP
1996



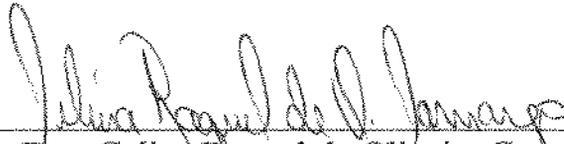
UNIDADE	BC.
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	G139a
V.	Ex
T.º	50/27625
PROC.	667/96
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	03/05/96
N.º CPD	

CM-00087808-1

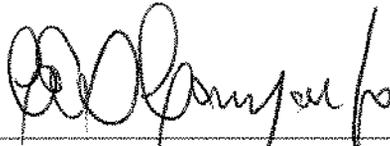
FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

G139a	<p>Galvani, Andréia</p> <p>Avaliação das características físico-químicas, reológicas e de qualidade de espaguete produzido com farinhas obtidas a partir de nove genótipos de trigo provenientes de cruzamento entre <i>T.aestivum</i>L. e <i>T.durum</i> L./ Andréia Galvani. -- Campinas, SP : [s.n.], 1996.</p> <p>Orientador: Celina Raquel de Oliveira Camargo. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.</p> <p>1. Trigo. 2. *Linhagens. 3. Espaguete. I. Camargo, Celina Raquel de Oliveira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.</p>
-------	---

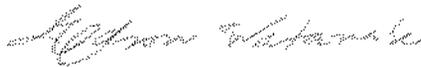
BANCA EXAMINADORA:



Profa. Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo
Orientadora



Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo
Membro



Dr. Edson Watanabe
Membro

Prof. Dr. César Francisco Ciacco
Membro

Aos meus pais,
à minha irmã
e ao Bó

Agradecimentos

À professora Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo pela orientação e estímulo na realização deste trabalho.

Ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC) pela concessão do trigo utilizado nesta pesquisa.

À Vera Lúcia Pupo Ferreira (ITAL) pela contribuição nas análises de cor e textura.

Aos professores César Ciacco, Yoon e Maria Helena pela colaboração.

Aos colegas Stefan, Normandis, Cristina Ferrari, Luís Antonio (estagiário), Teresa, Ana Lúcia, Manuel, Kelly, Luís e Dora pela amizade e convívio.

Aos funcionários Sr. José, Elena, Nilo, Raquel pela colaboração prestada.

À todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta pesquisa.

Ao CNPQ e FAEP pelas bolsas de estudo concedidas.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
RESUMO.....	VI
SUMMARY.....	VIII
I - INTRODUÇÃO.....	01
II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
1 - Tipos de Trigo.....	04
2 - Qualidade dos Grãos de Trigo.....	06
2.1 - Peso Hectolitro.....	06
2.2 - Vitreosidade.....	07
2.3 - Dureza.....	08
2.4 - Moagem.....	09
2.5 - Granulometria.....	11
3 - Qualidade da Farinha de Trigo.....	12
3.1 - Avaliação pelo Farinógrafo.....	14
3.2 - Avaliação pelo Extensógrafo.....	15
3.3 - Teste de Sedimentação com SDS.....	16
3.4 - Determinação de Amilases.....	18
3.5 - Cor.....	19
4 - Processamento de Massas Alimentícias.....	21
5 - Avaliação da Qualidade das Massas Alimentícias.....	25
5.1 - Principais fatores associados à qualidade de cozimento das massas alimentícias.....	28
5.1.1 - Conteúdo protéico.....	28
5.1.2 - Força do glúten.....	30
5.1.3 - Grau de extração e granulometria.....	31
III - MATERIAL E MÉTODOS.....	33
1 - Material.....	33
1.1 - Matéria-prima.....	33
1.2 - Reagentes.....	34
1.3 - Aparelhos e Equipamentos.....	35
2 - Métodos.....	36
2.1 - Avaliação da Qualidade dos Grãos.....	36
2.1.1 - Análises Físico-Químicas.....	36
2.1.1.1 - Peso Hectolitro.....	36

2.1.1.2 - Dureza.....	36
2.1.1.3 - Vitreosidade	37
2.1.1.4 - Teste de Sedimentação com Dodecil Sulfato de Sódio (SDS).....	37
2.1.2 - Análises de Composição Química dos Grãos.....	37
2.1.2.1 - Umidade.....	37
2.1.2.2 - Proteínas.....	37
2.1.2.3 - Cinzas.....	37
2.1.2.4 - Lipídios.....	38
2.2 - Moagem dos Grãos.....	38
2.3 - Avaliação da Qualidade das Farinhas.....	38
2.3.1 - Análises Físico-Químicas.....	38
2.3.1.1 - Granulometria.....	38
2.3.1.2 - Umidade.....	39
2.3.1.3 - Proteína.....	39
2.3.1.4 - Cinzas.....	39
2.3.1.5 - Lipídios.....	39
2.3.1.6 - Glúten Úmido e Seco.....	39
2.3.1.7 - Cor.....	39
2.3.2 - Análises Reológicas.....	40
2.3.2.1 - Farinograma.....	40
2.3.2.2 - Extensograma.....	40
2.3.2.3 - Número de Queda.....	41
2.4 - Processamento do Espaguete.....	41
2.4.1 - Mistura.....	41
2.4.2 - Extrusão.....	41
2.4.3 - Secagem.....	42
2.5 - Avaliação da Qualidade do Espaguete.....	43
2.5.1 - Cor.....	43
2.5.2 - Teste de Cozimento.....	43
2.5.3 - Firmeza.....	44
2.6 - Análise Estatística.....	45
IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
1 - Avaliação da Qualidade dos grãos.....	46
1.1 - Análises Físico-Químicas.....	46
1.1.1 - Peso hectolitro.....	46
1.1.2 - Dureza.....	48
1.1.3 - Vitreosidade.....	49
1.1.4 - Teste de Sedimentação com SDS.....	50
1.2 - Análises de Composição Química dos Grãos.....	51
1.2.1 - Umidade.....	51
1.2.2 - Proteínas.....	51

1.2.3 - Cinzas.....	53
1.2.4 - Lipídios.....	54
2 - Avaliação da Qualidade das Farinhas.....	55
2.1 - Análises Físico-Químicas.....	55
2.1.1 - Granulometria.....	55
2.1.2 - Proteínas.....	58
2.1.3 - Cinzas.....	58
2.1.4 - Lipídios.....	60
2.1.5 - Glúten Úmido e Seco.....	61
2.1.6 - Cor.....	62
2.2 - Análises Reológicas.....	67
2.2.1 - Propriedades de Hidratação e Mistura.....	67
2.2.2 - Propriedades de Extensão.....	73
2.2.3 - Número de Queda.....	77
3 - Avaliação da Qualidade das Massas Alimentícias.....	79
3.1 - Cor.....	79
3.2 - Teste de Cozimento.....	85
3.3 - Avaliação da Qualidade das Massas Alimentícias através de Análise dos Componentes Principais (ACP).....	88
V - CONCLUSÕES.....	92
VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: Testes de Qualidade dos Grãos.....	47
TABELA 2: Análise de Composição Química dos Grãos.....	52
TABELA 3: Granulometria das Farinhas.....	57
TABELA 4: Análise Físico-Química das Farinhas.....	59
TABELA 5: Parâmetros Farinográficos das Farinhas.....	70
TABELA 6: Parâmetros Extensigráficos das Farinhas.....	75
TABELA 7: Número de Queda.....	78
TABELA 8: Parâmetros de Cor das Amostras de Espaguete.....	80
TABELA 9: Testes de Avaliação da Qualidade de Cozimento.....	86
TABELA 10: Análise dos Componentes Principais dos Testes de Avaliação da Qualidade das Massas Alimentícias.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Sistema L*, a* e b*.....	63
FIGURA 2: Parâmetros de cor L*, a* e b* das farinhas.....	64
FIGURA 3: Curvas espectrais das farinhas.....	66
FIGURA 4: Perfis farinográficos das farinhas das amostras.....	68
FIGURA 5: Parâmetros farinográficos (Tempo de desenv., larg. da banda e índice de tol. à mistura) das amostras (controles <i>T. aestivum</i> C1 e <i>T. durum</i> canadense e linhagens 1 a 9) à absorção de 31,5%.....	72
FIGURA 6: Perfis extensigráficos das farinhas das amostras.....	74
FIGURA 7: Parâmetros extensigráficos (Resist. à extensão, resist. máxima e extensibilidade) das amostras (Controles <i>T. aestivum</i> C1 e <i>T. durum</i> C2 e linhagens 1 a 9).....	76
FIGURA 8: Parâmetros de cor L*, a* e b* das amostras de espaguete.....	81
FIGURA 9: Curvas espectrais das amostras de espaguete.....	84
FIGURA 10: Peso dos componentes principais (Prin 1 e Prin 2) e distribuição das amostras no plano definido pelos componentes.....	91

RESUMO

Neste trabalho, nove linhagens de trigo, designadas de 1 à 9, foram avaliadas. As linhagens foram selecionadas agronomicamente pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e obtidas pelo cruzamento entre um cultivar de *T. aestivum* e um de *T. durum*, seguido de radiação gama, em geração F4. Os resultados foram comparados com dois cultivares de trigo, um adequado para pão (*T. aestivum* L.) e outro para massas alimentícias (*T. durum* L.), além de farinha produzida a partir de *T. durum* canadense (comercial).

Foram realizadas análises físico-químicas dos grãos (peso hectolitro, dureza, vitreosidade, teste de sedimentação com SDS, conteúdos de proteínas, cinzas e lipídios). As farinhas foram avaliadas pela granulometria, conteúdos de proteínas, cinzas, lipídios, glúten úmido, glúten seco, cor e por análises reológicas (farinograma - absorção de água de 31,5% - e extensograma). As farinhas foram processadas no formato de espaguete em "extrusora" laboratorial e submetida à secagem em secador laboratorial. As massas foram avaliadas pelo teste de cor e parâmetros de cozimento (aumento de peso, aumento de volume, resíduo na água de cozimento e firmeza).

Os resultados obtidos foram comparados pelo teste de Tukey e pela Análise dos Componentes Principais (ACP).

Considerando-se as análises das farinhas, as linhagens 2, 5 e 7 apresentaram os maiores teores de proteínas, enquanto as linhagens 1 e 4 apresentaram os mais altos teores de cinzas. A linhagem 1 apresentou os valores de cor L*, a* e b* mais próximos aos do controle de *T. durum*, em relação às demais linhagens. As análises reológicas mostraram que as linhagens 1 e 4 apresentaram características de glúten mais forte que os das demais linhagens. As análises reológicas mostraram que as linhagens 1 e 4 apresentaram características de glúten mais forte que as outras linhagens.

Com relação às características das massas, a ACP mostrou que as linhagens ficaram distribuídas em áreas próximas ao controle *T. aestivum*, indicando que as mesmas apresentaram características que se assemelharam mais às do controle *T. aestivum* do que as dos controles *T. durum*.

A análise geral dos parâmetros estudados permitiu destacar as linhagens 1, 4 e 8 por apresentarem maior força de glúten (1, 4 e 8), tonalidade amarelada da farinha (1) e boa característica de firmeza (8 e 1), características desejáveis para a produção de massas de boa qualidade. Essas linhagens poderiam ser recomendadas para uso em novos cruzamentos, visto que já foram selecionadas agronomicamente e, portanto, serem utilizadas para dar continuidade aos trabalhos de melhoramento genético para obtenção de cultivares adequados para a produção de massas.

SUMMARY

In this research, nine lines of wheat (nominated by 1 to 9) agronomically selected by the Agronomic Institute of Campinas (IAC) were evaluated. They were obtained by crossing a bread wheat cultivar and a durum wheat cultivar followed by gama radiation, at the F4 generation. The results were compared with two other wheat cultivars, one appropriate for bread making (*T. aestivum* L.) and another for pasta (*T. durum* L.), as well as with flour produced from Canadian *T. durum* wheat (comercial).

Physico-chemical analyses of the grain were carried out (test weight, hardness, vitreousness, SDS-sedimentation test, protein, ash and lipid contents). The flours were evaluated by the particle size distribution, protein, ash and lipid contents, wet and dry gluten, color, as well as by rheological analyses (farinogram - water absorption of 31,5% - and extensogram). The flours were processed into spaghetti in a laboratory extruder and dried in a laboratory drier. Color tests and cooking parameters (firmness, cooked weight, volume increase and residue) were used to evaluate the samples of pasta.

The results obtained herein were compared by the Tukey Test and by the Principal Component Analysis (PCA).

Considering the analyses of the flours, lines 2, 5 e 7 presented the highest levels of protein, while lines 1 and 4 had the highest levels of ash. The flour from line 1 presented values of L*, a* and b* closer to that of the *T. durum* control in relation to the other lines. The rheological analyses showed that lines 1 and 4 presented characteristics of a stronger gluten than the other lines.

In relation to the characteristics of the pasta, an ACP showed that the lines distributed themselves in areas close to that of the *T. aestivum* control,

indicating that the same revealed characteristics more similar to that of the *T. aestivum* control than to that of the *T. durum* control.

The overall analysis of the parameters studied herein allowed lines 1, 4 and 8 to distinguish themselves from the others for presenting greater gluten strength (1, 4 and 8), yellow tone of the flour (1) and good characteristic of firmness (8 and 1), which are all desirable qualities in the production of a good quality pasta. The use of these lines in new crossings could be recommended, since they have already been agronomically selected and could, therefore, be used to give continuity to research for bettering wheat genetics in order to obtain adequate cultivars for the production of pasta.

I - INTRODUÇÃO

No Brasil, há algum tempo, vem-se trabalhando com a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) através de programas de melhoramento genético, visando, principalmente, a obtenção de linhagens adaptadas às diferentes condições do solo brasileiro e com características agronômicas satisfatórias com relação ao rendimento dos grãos por hectare, altura das plantas, resistência ao acamamento, comprimento e fertilidade das espigas, peso de 100 grãos, resistências às doenças, tolerância ao alumínio tóxico do solo, etc (CAMARGO & FELÍCIO, 1986).

Paralelamente às pesquisas de melhoramento genético do trigo, visando as características agronômicas, é extremamente importante considerar a qualidade tecnológica de sua farinha, o que possibilita conhecer as linhagens de potencial para serem lançadas e recomendadas aos tricultores, em função do seu uso em produtos como pães, biscoitos, massas alimentícias, etc.

Na maioria dos países desenvolvidos são cultivadas as espécies *T. aestivum* L., usadas na produção de pães, bolos e biscoitos e *T. durum* L., usadas principalmente na elaboração de massas alimentícias (CAMARGO *et al.*, 1993). O endosperma do *T. durum* L. é mais resistente (duro) que o do trigo para pão (*T. aestivum* L.), apresentando geralmente maiores níveis de cinzas e proteínas. Em geral, os grãos são mais largos e pesados, possuindo característica de vitreosidade. A farinha do *T. durum* L. tem coloração amarelada devido à presença de pigmentos carotenóides e tem qualidade de glúten que possibilita a produção de massas alimentícias com estabilidade ao cozimento e textura adequadas (IRVINE, 1978; DICK & MATSUO, 1988). Após o cozimento, uma massa alimentícia de boa qualidade deve manter sua forma sem quebrar, possuir certa firmeza ao ser mordida ("al dente") e não apresentar gomosidade na superfície (HOSENEY, 1986).

Com relação à aptidão para a panificação, a qualidade tecnológica da farinha de trigo está diretamente relacionada com as proteínas formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas), responsáveis pela extensibilidade e elasticidade da massa. Uma farinha de qualidade adequada à produção de pão deve, entre outras características, produzir massas com extensibilidade suficiente para expandir sobre a influência do gás carbônico, formado durante a fermentação e início do cozimento, dando volume ao pão, mas deve ter também, grau ótimo de elasticidade para poder reter sua forma. Além disso, a farinha de trigo deve conter baixa quantidade de pigmentos de cor amarela, pois é desejável ao consumidor um pão de cor branca (EL-DASH, 1982; PYLER, 1973).

O *T. aestivum L.* é caracterizado como um trigo hexaplóide ($2n = 42$ cromossomos), com três genomas básicos ABD, enquanto o *T. durum L.* é classificado como um trigo tetraplóide ($2n = 28$ cromossomos), com dois genomas básicos AB (BOZZINI, 1988). Com relação às características agronômicas, as variedades de *T. durum L.* são muito sensíveis a solos ácidos, devido ao fato de não possuírem o genoma D, que carrega genes para tolerância à toxicidade ao alumínio do solo (LAGOS *et al.*, 1991). São também mais susceptíveis a doenças e necessitam de solos de alta fertilidade, irrigação e controle fitossanitário, fatores que encarecem a cultura.

No Brasil, não se cultiva o *T. durum L.* e, portanto, a farinha obtida do *T. aestivum L.* é também usada na produção de massas alimentícias, o que requer algumas adaptações na formulação, para a obtenção de produto de boa qualidade.

No projeto "Melhoramento Genético do Trigo", realizado pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), em colaboração com o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), foram selecionadas as melhores linhagens do ponto de vista de produtividade de grãos e outras

características agronômicas relevantes. Estas linhagens foram provenientes do cruzamento entre o cultivar BH-1146 (*T. aestivum L.*) e a linhagem WIN "S" x AA "S" (*T. durum L.*), após sofrerem irradiação usando-se raios gama como agente mutagênico, em geração F4, para aumentar a variabilidade genética. Os grãos das linhagens oriundos de ensaios instalados na Estação Experimental de Tatuí, sob condições de irrigação, constituíram o material para a moagem, testes analíticos da farinha de trigo e produção de massas alimentícias.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, a avaliação das características físico-químicas e reológicas dessas linhagens selecionadas agronomicamente pelo IAC, em comparação com cultivares de *T. aestivum L.* e de *T. durum L.* e a avaliação do potencial tecnológico das farinhas obtidas dessas linhagens, para a produção de massas alimentícias.

II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 - Tipos de trigo

O trigo pertence à família Gramineae, do gênero *Triticum*, no qual existem quatro espécies comercialmente relevantes: *T. monococcum* (diplóides), *T. turgidum* (tetraplóide), *T. timopheevi* (tetraplóide) e *T. aestivum* L. (hexaplóide) (BOZZINI, 1988; ORTH & SHELLENBERGER, 1988). Destes, o *T. aestivum* L., também denominado trigo para pão ou trigo comum, e o *T. turgidum*, que inclui o *T. durum* L. ou trigo para massas alimentícias, são os mais cultivados (ORTH & SHELLENBERGER, 1988).

O *T. aestivum* L. é classificado como um trigo hexaplóide ($2n=42$ cromossomos), com três genomas básicos ABD (BOZZINI, 1988). O genoma D parece ser o responsável pelas propriedades deste trigo para produção de pão. Algumas das características usadas para distinguir os trigos é a dureza dos grãos e o conteúdo protéico (ORTH & SHELLENBERGER, 1988). Os termos duro e mole são usados para diferentes cultivares dentro da espécie *T. aestivum* L. Farinhas de trigo duro da espécie *T. aestivum* L., com conteúdo protéico variando de 11 a 13%, são recomendadas para produção de pão, enquanto farinhas com baixo conteúdo protéico (7 a 9% de proteína), obtida a partir de cultivares de trigos moles de *T. aestivum* L., são adequadas para a produção de bolos e biscoitos (HOSENEY *et al*, 1988).

Os *T. durum* L. são tetraplóides ($2n=28$ cromossomos) com 2 genomas básicos AB, apresentando grãos de cor âmbar, endosperma translúcido e maior dureza que o *T. aestivum* L., o que favorece a produção de semolina (BANASIK, 1981; HOSENEY, 1986; DICK & MATSUO, 1988). Geralmente, apresentam maiores níveis de cinzas (1,6-1,7%) e de

proteínas (10-18%) que os trigos comuns (IRVINE, 1978; BLANCO *et al*, 1988; DICK & YOUNGS, 1988).

Com relação às características agronômicas, as variedades de *T. durum L.* são muito sensíveis a solos ácidos por não possuírem o genoma D, que carrega genes para tolerância à toxicidade do alumínio do solo (LAGOS *et al*, 1991). Além disso, são bastante susceptíveis a doenças, como ferrugem e podridão da raiz (BLANCO *et al*, 1988).

O Brasil vem realizando pesquisas de melhoramento genético de trigo há algum tempo (CAMARGO & FELÍCIO, 1986; CAMARGO *et al*, 1991, CAMARGO, 1993; KOHLI *et al*, 1994) e, mais recentemente, os pesquisadores iniciaram um programa de cruzamentos entre genótipos de trigo comum e *T. durum L.* (CAMARGO *et al*, 1995b). Os pesquisadores têm procurado selecionar as linhagens com características agronômicas satisfatórias, adaptadas às condições do solo brasileiro (CAMARGO *et al*, 1992; CAMARGO *et al*, 1995a).

No ano de 1995, iniciaram-se os campos comerciais de *T. durum L.* no Estado de São Paulo, principalmente na região de Barretos, consistindo de lavoura onde foi usada irrigação, solos corrigidos, adubação adequada e controle fitossanitário. Os grãos oriundos desta lavoura foram moídos no moinho São Valentin (Tatuí), produzindo farinha, que foi utilizada em testes preliminares de produção de espaguete, o qual apresentou boa qualidade (*).

*

* Dados não publicados

2 - Qualidade dos grãos de trigo

O peso hectolitro, a vitreosidade, a dureza dos grãos, as condições de moagem e a granulometria das farinhas obtidas são características físicas importantes da qualidade do trigo (MATSUO, 1988).

2.1 - *Peso Hectolitro*

O peso hectolitro é um dos critérios mais simples de qualidade de trigo e um fator importante em todos os sistemas de classificação de trigo sendo, portanto, bastante usado (DICK & MATSUO, 1988). É uma medida da densidade do trigo (peso do grão por unidade de volume) expresso em quilogramas por hectolitro (Kg/hl). O tamanho e o formato dos grãos, bem como a uniformidade dos mesmos, são importantes fatores que influenciam o teste de peso, pois afetam a maneira como os grãos se orientam (acomodam) no recipiente. O conteúdo de umidade do grão afeta a densidade do trigo (POMERANZ, 1987). Trigos vítreos, limpos e saudáveis, com baixo conteúdo de umidade, tendem a apresentar pesos hectolitro altos. Problemas durante o cultivo do trigo como geada, temperatura, germinação e imaturidade danificam os grãos de trigo tendendo a reduzir o tamanho do grão e o seu peso hectolitro (HEILMAN & WILSON, 1988).

O peso hectolitro indica, embora grosseiramente, o rendimento em farinha dos grãos (POMERANZ, 1987). Segundo DONNELLY (1979), em geral, quanto maior o peso hectolitro, maior o rendimento em farinha. Porém, a relação entre o teste de peso e a produção de farinha pode perder importância sob certas condições. Alguns trabalhos mostram que, acima de 73,4 Kg/hl, o teste de peso tem influência relativamente pequena na produção de farinha. Para valores inferiores a 73,4 kg/hl, o rendimento em

farinha diminuiu com a queda do peso hectolitro (ZELENY, 1978; POMERANZ, 1987).

De uma maneira geral, os sistemas de classificação comercial de trigo são baseados em valores mínimos de peso hectolitro. Com relação ao *T. durum L.*, nos Estados Unidos, cada grau tem um valor mínimo de peso hectolitro: Grau US nº-1, 2, 3, 4 e 5 devem apresentar 77, 75, 72, 69 e 66 kg/hl, respectivamente (DONNELLY, 1979). No Canadá, existem valores mínimos diferentes para cada grau: CWAD (Canada Western Amber Durum) nº- 1, 2 e 3 devem apresentar 80, 78 e 76 kg/hl, respectivamente (DEXTER *et al.*, 1987). Na Europa, embora não tenha um sistema de classificação para *T. durum L.* comparável aos adotados nos Estados Unidos e Canadá, existem características padrão de qualidade de trigo, como peso hectolitro, entre outras (grãos quebrados, matéria estranha, etc) usados para estabelecer uma referência de preço. A especificação para o teste de peso é 78 kg/hl (CUBADDA, 1988).

2.2 - Vitreosidade

O grau de vitreosidade é também considerado um importante fator de qualidade de *T. durum L.* e, frequentemente, é indicador da dureza dos grãos, do conteúdo protéico e da granulometria da farinha (HEILMAN & WILSON, 1988). De uma maneira geral, quando a proporção de grãos vítreos diminui, a granulometria e o conteúdo proteico da farinha também diminuem (MATSUO & DEXTER, 1980b).

De acordo com "Official Grain Standards" dos Estados Unidos, o trigo durum é dividido em três subclasses, considerando-se a porcentagem de grãos vítreos: "hard amber durum wheat", que deve conter 75% ou mais de grãos vítreos duros de cor âmbar; "amber durum wheat", que deve conter mais que 60% e menos que 75% de grãos vítreos duros e o "durum wheat",

que contem menos que 60% de grãos vítreos duros (WALSH & GILLES, 1974).

A porcentagem de grãos é usualmente determinada pela inspeção visual da amostra (IRVINE, 1978).

2.3 - Dureza

A característica de dureza dos grãos é geralmente usada na classificação de trigos, sendo útil na diferenciação entre trigos hard (duros) e soft (moles) (POMERANZ, 1987; POMERANZ & WILLIAMS, 1990).

Os fatores que podem afetar a dureza do trigo são: constituição genética, solo, condições de cultivo, época de cultivo, conteúdo protéico, umidade, etc (POMERANZ & WILLIAMS, 1990; ANJUM & WALKER, 1991). Segundo STENVERT & KINGSWOOD (1977), as diferenças na dureza entre os trigos estão relacionadas à continuidade da matriz protéica e à força com que as proteínas envolvem os grânulos de amido. GREENWAY & SCHOFIELD (1986) observaram uma pequena quantidade de proteína com um componente do grânulo de amido de trigo que estaria relacionada ao "softness" do grão", sendo forte em trigos moles, fraca em trigos duros e ausente em *T. durum* L..

A dureza dos grãos é uma característica importante para as indústrias moageiras, pois os trigos duros e moles devem ser submetidos a diferentes formas de condicionamento, visto que os trigos moles absorvem água em velocidade superior à dos trigos duros. Além disso, os trigos requerem diferentes gastos de energia durante a moagem (GUARIENTI, 1993).

O grão de *T. durum* L. é, em geral, fisicamente mais duro que o trigo para pão (HOSENEY, 1986). WILLIAMS (1986) estudou a influência do número de cromossomos sobre a dureza do trigo através do método de "índice de tamanho de partículas" e observou que todos os trigos

tetraplóides testados eram muito duros, enquanto que os trigos hexaplóides variavam de muito duro a muito mole. GLENN *et al* (1991) estudaram a dureza de vários tipos de trigos através da "Near Infrared Reflectance" (NIR) e observaram que os trigos do tipo *T. durum L.* são mais duros que os trigos "hard", que por sua vez são mais duros que os trigos "soft".

2.4 - Moagem

A moagem de trigo é essencialmente um processo de trituração e separação. O objetivo da moagem é quebrar ou abrir o grão de trigo e raspar o endosperma da casca tanto quanto possível, conforme a especificação requerida de cinzas e cor. Em seguida, reduzir o endosperma em farinha e peneirar para remover as partículas de farelo da farinha. A trituração dos grãos é feita nos rolos de quebra e redução e a separação do farelo do endosperma é feita em peneiras e purificadores (POMERANZ, 1987; BASS, 1988).

O objetivo principal da moagem de *T. durum* é a obtenção da maior quantidade possível de semolina. Os grãos de *T. durum L.* são mais duros que os do trigo comum produzindo, na moagem, quantidades relativamente mais altas de partículas de semolina (DICK & MATSUO, 1988). Além de serem mais duros, são também mais lisos e, por isso, absorvem água mais lentamente que os trigos moles no condicionamento. É portanto preferível não usar uma etapa única de condicionamento, mas 2 ou 3 estágios (BIZZARRI & MORELLI, 1988).

O condicionamento do trigo é importante para produzir uma melhor condição de moagem do grão. O ajuste do conteúdo de umidade e, em particular, da distribuição da umidade no condicionamento dos grãos, assegura que o farelo do grão do trigo se torne suficientemente resistente para não ser reduzido excessivamente no processo de quebra e também se

solte facilmente do endosperma, o que dificultaria a separação do endosperma do farelo nos purificadores (BIZZARRI & MORELLI, 1988; DICK & MATSUO, 1988). Se após o condicionamento o farelo não estiver suficientemente quebradiço, após a moagem a farinha aparece não-descascada e, portanto, com maior porcentagem de cinzas. Além disso, um condicionamento adequado de *T. durum L.* reduz o endosperma a uma granulometria apropriada com um mínimo de produção de partículas menores. Assim, o *T. durum L.* deve ser condicionado para um conteúdo de umidade relativamente maior (16,0 a 16,5%, em geral) (BANASIK,1981; DONNELLY, 1991).

Os moinhos comerciais de *T. durum L.* consistem de rolos corrugados, rolos lisos (em menor quantidade) e purificadores (em grande quantidade) (DICK & MATSUO, 1988). Os rolos lisos têm a função de reduzir cuidadosamente a semolina de maior tamanho para obter um produto final com granulometria o mais uniforme possível (BIZZARRI & MORELLI, 1988).

O conteúdo de cinzas é, em geral, uma indicação do grau de separação do endosperma do farelo durante o processo de moagem, visto que a maior concentração de cinzas encontra-se no farelo, aleurona e germe e diminui em direção ao centro do endosperma. O conteúdo de cinzas, além de ser um critério de classificação de farinhas, é utilizado como uma ferramenta no controle da operação de moagem (RASPER, 1991). Farinhas que apresentam maior teor de cinzas possuem mais partículas de farelo ou endosperma ligado ao farelo e tendem a apresentar coloração mais escura (PATTON & MAILHOT, 1988). Usualmente, é requerida boa purificação para a eliminação do farelo e de outras partículas escuras facilmente visíveis na semolina, que prejudicam a qualidade visual das massas alimentícias (DICK & MATSUO, 1988). MATSUO & DEXTER (1980a) encontraram que o conteúdo de cinzas da semolina apresentou elevada correlação

negativa com o brilho do espaguete, porém correlação positiva com o comprimento de onda dominante, que dá uma indicação do "brownness" do espaguete.

2.5 - Granulometria

A granulometria ou distribuição do tamanho de partículas de semolina é importante, pois tem efeito nas propriedades de absorção de água das massas alimentícias e na qualidade do produto final. As partículas de menor tamanho hidratam-se mais rapidamente que as partículas maiores, as quais ficam sub-hidratadas, produzindo massas alimentícias de qualidade inferior devido à presença de pontos brancos no produto (DICK & MATSUO, 1988).

Atualmente, o uso de sistemas de extrusão contínuos tem levado os fabricantes de massas alimentícias a preferirem semolinas com tamanho de partículas médias menores e granulometria mais uniforme, ao invés de semolina grosseira, devido à limitação no tempo de mistura dos misturadores de fluxo contínuo (DICK & MATSUO, 1988). Segundo MANSER, citado por DICK & MATSUO (1988), partículas de semolina com diâmetro menor que 350 μm produzem massas alimentícias mais homogêneas e translúcidas em relação às semolinas mais grossas. Foi relatado, contudo, que farinhas com partículas relativamente menores têm elevado conteúdo de amido danificado, o que causa o aumento na perda de sólidos na água de cozimento do espaguete (MATSUO & DEXTER, 1980a; KIM *et al*, 1986). O tamanho de partículas preferido está, portanto, na faixa de 150-350 μm (DICK & MATSUO, 1988).

As especificações com relação à granulometria da semolina variam em cada país. Nos Estados Unidos, a semolina comercial não deve conter acima de 3% de partículas de farinha passando pela peneira US n° 100

(0,140 mm de abertura) e toda semolina deve passar pela peneira US n° 20 (0,860 mm de abertura) (BANASIK, 1981). No Canadá, a semolina deve conter menos que 1% passando pela peneira US n° 100 (0,149 mm de abertura) (DEXTER *et al*, 1987).

Na Itália, a granulometria da semolina deve ser tal que não mais que 10% passe através da peneira 0,180 mm de abertura (CUBADDA, 1988).

Nestes países, o termo semolina refere-se ao material obtido da moagem de *T. durum L.*, com granulometria superior à da farinha (HOSENEY, 1986; DONNELLY, 1991). No Brasil, semolina é definida como o produto obtido pela trituração do trigo (*T. aestivum L.*) limpo e desgerminado, compreendendo partículas que passam pela peneira n° 40 (0,420 mm de abertura) e que são retidas pela peneira n° 60 (0,250 mm de abertura) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO, ABIA, 1992).

Segundo MATSUO (1988), os moinhos laboratoriais foram desenvolvidos para aproximar ao máximo a taxa de extração e a granulometria dos moinhos comerciais. No entanto, foram observadas diferenças entre as granulometrias das semolinas moídas em laboratório e a comercial com relação à proporção de partículas menores, devido ao maior conteúdo de amido danificado produzido nos moinhos laboratoriais (MATSUO & DEXTER, 1980a).

3 - Qualidade da farinha de trigo

A qualidade tecnológica da farinha de trigo está diretamente relacionada com as proteínas formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas), responsáveis pela extensibilidade e elasticidade da massa. Uma farinha de qualidade adequada à produção de pão deve produzir massas com extensibilidade suficiente para expandir sob a influência do gás carbônico

formado durante a fermentação e início do cozimento, dando volume ao pão, mas deve ter também, grau ótimo de elasticidade para poder reter sua forma (PYLER, 1973; EL-DASH, 1982).

Farinhas fortes são preferidas para a produção de pão, pois são fáceis de manusear e produzem pães com volume elevado, miolo elástico e boa textura, enquanto as farinhas fracas são preferidas para produção de bolos e biscoitos. Geralmente, as farinhas fortes têm alto conteúdo protéico e são caracterizadas por elevada absorção de água, longos tempos de mistura, baixos índices de tolerância à mistura e elasticidade e extensibilidade relativamente altas (BLOKSMA & BUSHUK, 1988).

A semolina de *T. durum L.* tem coloração amarelada, devido à presença de pigmentos carotenóides, e tem qualidade de glúten que possibilita a produção de massas alimentícias com estabilidade ao cozimento e firmeza adequada (IRVINE, 1978; BLANCO *et al.*, 1988; DICK & YOUNGS, 1988).

A qualidade da farinha de trigo pode ser avaliada pela sua composição centesimal e por testes reológicos, usando o Farinógrafo e o Extensógrafo Brabender e o teste de sedimentação usando SDS (Dodecil Sulfato de Sódio). Têm sido também usados na avaliação do potencial de semolina de *T. durum L.* para a produção de massas alimentícias (DEXTER *et al.*, 1980; DICK & QUICK, 1983; CUBADDA, 1988; DICK & YOUNGS, 1988).

O conteúdo protéico das farinhas de *T. durum L.* é geralmente mais elevado que o das farinhas de trigo para pão (BAKHSHI & BAINS, 1987). Em geral, os valores encontrados (base seca) para grãos de *T. durum L.* variam de 13-20% enquanto que as semolinas têm de 12-19% (DEXTER *et al.*, 1987; MALCOLMSOM *et al.*, 1993).

Com relação ao teor de cinzas, semolinas de *T. durum L.* comercial, com cerca de 65% de taxa de extração apresentaram de 0,63 a 0,87% de cinzas (IRVINE, 1978).

3.1 - Avaliação pelo Farinógrafo

Foi introduzida uma técnica modificada para uso do farinógrafo na caracterização de semolina de *T. durum L.* (IRVINE *et al.*, 1961). Neste método, é usado o recipiente de mistura do farinógrafo de 50 g com uma mudança no sistema de alavanca. As características de mistura da massa de semolina são determinadas na faixa de absorção de 26,5 a 36%, que é normalmente usada no processamento de massas alimentícias comerciais (DICK, 1985).

Os parâmetros farinográficos usualmente analisados são o tempo de desenvolvimento da massa, a consistência máxima e o índice de tolerância (IRVINE *et al.*, 1961; DICK, 1985; RAHIM *et al.*, 1976; DEXTER & MATSUO, 1978b). Estes parâmetros são analisados a uma absorção fixa correspondente àquela usada no processamento comercial de massas alimentícias e que, segundo IRVINE *et al.* (1961), variam com o tipo, grau, variedade do trigo, distribuição do tamanho de partículas e também, conforme citado por DEXTER & MATSUO (1978a), com a taxa de extração de semolina. Alguns pesquisadores mostraram a influência do conteúdo de proteínas nas características farinográficas da semolina e foi observado que o aumento no conteúdo de proteína foi acompanhado por diminuição no tempo de desenvolvimento e aumento na consistência máxima e no índice de tolerância (IRVINE *et al.*, 1961; MATSUO *et al.*, 1972; DEXTER & MATSUO, 1977a; DEXTER & MATSUO, 1980). Por outro lado, DEXTER & MATSUO (1978b) observaram que no farinograma usando 33% de absorção de água, a qualidade de cozimento de espaguete

foi superior quanto maior o tempo de mistura da massa, embora esta característica farinográfica não garanta necessariamente uma qualidade de cozimento superior.

Segundo IRVINE (1978) as curvas farinográficas podem ser úteis para dar informações sobre o potencial de qualidade de cozimento de massas alimentícias. DEXTER & MATSUO (1980) mostraram que a largura da banda da curva farinográfica é um indicador melhor de qualidade de cozimento do que o tempo de desenvolvimento e o índice de tolerância, o que parece ser devido à menor influência do conteúdo de proteína na largura da banda, quando comparado aos outros parâmetros.

Farinogramas obtidos usando baixas absorções de água (26-36%) são úteis para prever propriedades de extrusão, como o requerimento de absorção de água, o tempo de mistura e a força da massa (DEXTER & MATSUO, 1977a; MATSUO *et al*, 1982). Porém, propriedades reológicas a altas absorções (50%), onde o glúten pode ser completamente desenvolvido, podem melhor prever as características de textura do espaguete cozido (MATSUO *et al*, 1982). Segundo GRZYBOWSKI & DONNELLY (1979), a força do glúten da semolina de *T. durum L.* influencia as propriedades de mistura da massa e a qualidade de cozimento de espaguete.

3.2 - Avaliação pelo Extensógrafo

O extensógrafo fornece informações sobre o comportamento da massa durante o seu crescimento, devido à produção de gás nos estágios de fermentação e assamento inicial do pão, medindo características de extensibilidade e resistência da massa à extensão (RASPER, 1991).

O extensógrafo não é comumente usado para avaliar a qualidade de *T. durum L.* No entanto, alguns pesquisadores têm mostrado que os glúten

das farinhas provenientes de *T. durum* L. são menos elásticos e mais extensíveis em comparação aqueles do *T. aestivum* L. (IRVINE *et al*, 1961; RAHIM *et al*, 1976; DICK, 1985; BOYACIOGLU & D'APPOLONIA, 1994). Valores de resistência a extensão menores que 300 Unidades Brabender foram associados com qualidade inferior de "noodle" (DICK, 1985).

3.3 - Teste de Sedimentação com SDS

Os testes de sedimentação são bastante utilizados e podem ser úteis em programas de melhoramento genético, pois são rápidos, simples e reprodutíveis, permitindo estimar a qualidade do trigo. Eles requerem pequena quantidade de amostra, não necessitam de equipamento especial e podem utilizar grão moído, o que evita a necessidade de moagem de grãos para a produção de farinha em pequena escala (AXFORD, 1978; QUICK & DONNELLY, 1980; HEVIA *et al*, 1985; DICK & YOUNGS, 1988). O teste de sedimentação com SDS tem sido citado por muitos autores como sendo um teste útil na determinação da força do glúten (DEXTER *et al*, 1980; DICK & QUICK, 1983).

No teste de sedimentação, farinha ou grão de trigo moído é misturado com solução de dodecil sulfato de sódio (SDS) e ácido láctico em cilindro graduado e deixado descansar, sendo que o volume do sedimento representa o valor da sedimentação. Quanto maior o sedimento maior o intumescimento das proteínas e a força do glúten (QUICK & DONNELLY, 1980). Segundo DICK & YOUNGS (1988) glúten de *T. durum* L. são em geral moderadamente fortes. DEXTER *et al* (1981) encontraram valores de sedimentação variando de 26 a 55 ml para *T. durum* L. e de 51 to 88 ml para *T. aestivum* L..

AXFORD *et al* (1978) utilizaram um teste para a determinação da força do glúten preferencialmente no grão de trigo moído, que evita a necessidade de produção de farinha em pequena escala. DEXTER *et al* (1980) investigaram o teste de sedimentação com SDS para determinar sua adequabilidade para prever a força do glúten de *T. durum L.* Estes pesquisadores observaram que o teste de sedimentação seria um método adequado para a seleção de glúten e para a comparação das forças de glúten de diferentes amostras. A análise estatística dos resultados demonstrou que o teste de sedimentação com SDS e o conteúdo de proteínas juntos contribuíram com mais de 40% de variabilidade da qualidade de cozimento do espaguete, equivalente a uma correlação de cerca de 0,65. No entanto, segundo D'EGIDIO *et al* (1990), o teste de sedimentação com SDS não foi eficiente para prever a qualidade de cozimento do espaguete, mas permitiu selecionar ou descartar um material pobre.

QUICK & DONNELLY (1980) também observaram uma correlação significativa ao nível de 1%, quando compararam o teste de sedimentação com SDS (utilizando 6 gramas de trigo) com o teste mixográfico (utilizando 20 gramas de amostra). DICK & QUICK (1983) desenvolveram um teste de micro sedimentação para determinar a força do glúten, usando apenas 1 grama de trigo moído. As análises estatísticas mostraram que este método pode prever a firmeza do espaguete cozido e que, quando combinado com o conteúdo protéico do trigo, contribuiu com 75% da variabilidade da firmeza do espaguete.

3.4 - Determinação de amilases

Um certo nível de atividade de α -amilase é desejado na farinha de trigo para o desenvolvimento suficiente de gás durante a fermentação e no estágio inicial de forneamento do pão.

A determinação do índice de α -amilase na farinha de trigo é realizada geralmente pela utilização do amilógrafo e do número de queda. Ambos os métodos cozinham uma solução de farinha e água sob condições pré-estabelecidas e medem a viscosidade da pasta quente. O número de queda consiste de um índice simples e rápido de determinação da atividade da enzima α -amilase e é definido como o tempo (segundos) requerido para que um "viscometer stirrer" desça através de uma dispersão aquecida de farinha e água até uma distância fixa do aparelho. Neste teste, quanto maior a quantidade de enzima α -amilase presente na farinha, maior a degradação do amido e menor a sua viscosidade, resultando num menor valor de número de queda, ou seja, o tempo é inversamente relacionado à concentração da α -amilase que liquefaz o amido da dispersão (POMERANZ, 1987; RASPER, 1991).

Valores de número de queda em torno de 250 são típicos de farinhas que produzem pão com volume e miolo de qualidade satisfatória (POMERANZ, 1987). Segundo DICK & YOUNGS (1988), os valores médios de número de queda para *T. durum L.* são de 350-400 segundos. Na avaliação de qualidade de *T. durum L.*, o teste é realizado normalmente com a intenção de verificar problemas de germinação do grão, devido às condições de cultivo e armazenamento, já que segundo DEXTER *et al* (1990), a atividade de α -amilase não tem relação com a qualidade das massas alimentícias, apenas um pequeno aumento na porcentagem de sólidos perdidos na água de cozimento do espaguete foi observada quando o trigo apresentou valor de número de queda abaixo de 150 segundos (14% de

umidade). Contudo, níveis de "sprout damage" de 4% ou mais (Número de queda de 120 segundos ou menos), produzem espaguete com elevado potencial para quebra durante o armazenamento (DONNELLY, 1980). Além disso, massas alimentícias processadas a partir de grãos germinados têm tendência a esticar nas hastes durante o processo de secagem (DONNELLY, 1991).

3.5 - Cor

A cor de um produto alimentício é frequentemente definida usando uma escala de cor tridimensional que descreve os diferentes componentes da cor. A luz refletida de um objeto colorido é composta de um componente escuro ou luminoso em adição a um vermelho ou verde e a um componente azul ou amarelo. Colorímetros e espectrofotômetros usando vários sistemas tri-estímulos são disponíveis e bastante utilizados na determinação da cor dos alimentos (MABON, 1993). A cor das farinhas pode ser avaliada também quimicamente pela extração de pigmentos (DICK & MATSUO, 1988).

A cor da farinha geralmente é avaliada pelas medidas de brilho e tom de amarelo. O brilho é afetado pelo conteúdo de farelo ou material estranho, enquanto o amarelo é relacionado a quantidade de pigmentos presente. OLIVER *et al* (1992) observaram correlação positiva entre o parâmetro b^* (amarelo-azul) e o pigmento amarelo extraído e correlação negativa entre o parâmetro L^* (luminosidade) e o conteúdo de cinzas da farinha. MECUCCI & SELVATICO (1992) também encontraram alta correlação entre o índice de β -caroteno e o índice de amarelo (b^*) do espaguete e da semolina ($r=0,97$ e $r=0,95$, respectivamente). OLIVER *et al* (1993) observaram que farinhas de trigo duro tiveram mais elevados valores de b^* que trigos moles para um conteúdo de pigmento amarelo equivalente, o que demonstrou que

diferenças no tamanho de partículas das farinhas podem influenciar os resultados de parâmetros de cor.

A cor amarela brilhante do espaguete, devido a pigmentos carotenóides naturais presentes no *T. durum L.*, é um critério de qualidade fundamental das massas alimentícias. Essa coloração pode ser influenciada pela granulometria, pelo conteúdo de enzima lipoxigenase da farinha e, ainda, pelas condições de processamento (DICK & MATSUO, 1988). Farinha com granulometria mais fina parece produzir espaguete com cor mais escura (KIM *et al*, 1986). O conteúdo da enzima lipoxigenase também é importante pois, farinhas de *T. durum L.* com alto conteúdo de pigmentos carotenóides não asseguram necessariamente um produto com cor amarela boa, devido à degradação oxidativa desses pigmentos pela enzima durante o processamento das massas alimentícias (MAcDONALD, 1979; HSIEH & MAcDONALD, 1984). Entretanto, segundo MATSUO (1987), a importância da lipoxigenase no *T. durum L.* atualmente tem diminuído porque as novas variedades desta espécie têm conteúdo de pigmento elevado e, mesmo perdas de 25-30% dos mesmos durante o processo, não afetam a cor final das massas alimentícias. Quanto às condições de processamento, a presença de oxigênio durante a mistura da semolina com os outros ingredientes reduz a intensidade da cor amarela no espaguete, pois favorece a ação da enzima (DICK & MATSUO, 1988).

A cor amarela brilhante é desejável em massas alimentícias, enquanto que a tonalidade marrom deprecia a qualidade das mesmas. Esta coloração marrom pode ser atribuída a uma reação tipo Maillard, a uma reação enzimática, à contaminação por farelo ou ainda à variedade de *T. durum L.* (MATSUO & IRVINE, 1967). Segundo KOBREHEL *et al* (1974), a tonalidade marrom das massas alimentícias seria a soma da cor marrom desenvolvida durante a maturação do grão e o processamento das mesmas, tendo ambas origem enzimática.

4 - Processamento de massas alimentícias

O processamento de espaguete inicia na etapa de mistura, onde água é adicionada à semolina até atingir cerca de 31% de umidade (HOSENEY, 1986). Os fatores principais que determinam a proporção de água a ser adicionada são a variedade do trigo usado, a qualidade do glúten, o conteúdo protéico, o conteúdo de umidade inicial da semolina e o tamanho das partículas. Durante a etapa de mistura ocorrem duas reações fundamentais, a hidratação do amido e a das proteínas (ANTOGNELLI, 1980). De acordo com PORTESI, citado por ANTOGNELLI (1980), há um aumento considerável no volume das proteínas presentes na farinha, visto que as mesmas absorvem cerca de 200 vezes seu peso em água e interagem para formar a rede de glúten, que constitui a base de estabilidade das massas alimentícias.

A mistura é realizada sob vácuo, pois a presença de ar pode causar o aparecimento de bolhas no espaguete, tornando-o opaco, e também criando pontos de maior fragilidade no produto seco (BANASIK, 1981; HOSENEY, 1986; MATZ, 1991). Outro problema associado a presença de ar na mistura é a ação de enzimas, como a lipoxigenase, que atuam sobre os pigmentos carotenóides. A ação desta enzima depende da presença de ácidos graxos livres e oxigênio. Segundo HOSENEY (1986), o grão de trigo contém quase que invariavelmente ácidos graxos livres e, portanto, deve-se controlar a ação branqueadora da enzima, mantendo-se o conteúdo de oxigênio tão baixo quanto possível.

Do misturador, a massa entra no canhão do extrusor, que possui uma rosca sem fim que amassa e exerce pressão sobre a massa, que se torna homogênea e com maior plasticidade conforme é conduzida em direção à matriz (ANTOGNELLI, 1980; HOSENEY, 1986). Quando a massa passa pela matriz, seu aspecto externo é desenvolvido e o produto adquire a forma

que se conserva até o final do processamento (CIACCO & CHANG, 1982). O sistema de trafilas deve ser cuidadosamente desenhado para assegurar uma distribuição uniforme de pressão na massa a ser moldada. Isto previne que a massa deslize sobre si mesma, visto que a parte mais interna tende a ser mais móvel que a parte externa, que está sujeita ao atrito em contato com as paredes do cilindro extrusor, originando uma superfície áspera no produto extrusado (ANTOGNELLI, 1980). Para evitar esse aspecto indesejável, a trafilas é revestida com materiais como teflon, que possui um coeficiente de fricção muito baixo, assegurando um fluxo uniforme através do orifício e um produto final com superfície lisa (BANASIK, 1981; CIACCO & CHANG, 1982; MATZ, 1991). Além disso, o teflon prolonga a vida útil das trafilas de bronze que são relativamente "moles" e se desgastam com o tempo de uso (BANASIK, 1981; DICK & MATSUO, 1988).

A massa extrusada é cortada no comprimento desejado por facas especiais e é sujeita a um jato de ar quente, que causa um leve endurecimento da superfície do espaguete, prevenindo-o de deformar-se e de um fio grudar ao outro (ANTOGNELLI, 1980; DICK & MATSUO, 1988).

Uma quantidade de calor considerável é gerada durante a extrusão devido ao atrito. O canhão deve ser encamisado para que a circulação de água mantenha a temperatura da massa em torno de 50 °C (ANTOGNELLI, 1980; BANASIK, 1981; HOSENEY, 1986; DICK & MATSUO, 1988). Em seguida, a massa alimentícia deve ser seca, pois quando sai da trafilas contém cerca de 30% de umidade. O objetivo da secagem é reduzir o conteúdo de umidade para aproximadamente 12%, manter a forma da massa alimentícia e aumentar a vida de prateleira (BANASIK, 1981).

A secagem deve ser cuidadosamente controlada, de tal maneira que não haja um "stress" indevido dentro do complexo protéico e da estrutura de amido, que poderia causar fissuras e outros defeitos físicos nas massas

alimentícias (ANTOGNELLI, 1980; HOSENEY, 1986). A secagem lenta pode causar extensão das massas alimentícias, principalmente se for do tipo longa, sob o efeito de seu próprio peso, além de acelerar a deterioração microbiológica. Por outro lado, a secagem rápida pode produzir opacidade e rachaduras nas massas alimentícias, além de diminuir sua resistência (HOSENEY, 1986; MATZ, 1991). Estas rachaduras podem ocorrer durante a secagem ou mesmo depois do espaguete ser embalado (BANASIK, 1981).

A secagem das massas alimentícias, portanto, deve ser realizada em etapas: pré-secagem, descanso e secagem (CIACCO & CHANG, 1982). Na etapa de pré-secagem, a massa alimentícia seca rapidamente na superfície, perdendo cerca de 40% da água total, ou seja, o conteúdo de umidade é reduzido a cerca de 17-18%. Esta etapa estabiliza a rede de glúten periférica, dando resistência às massas alimentícias e minimiza o crescimento indesejável de microrganismos (ANTOGNELLI, 1980; HOSENEY, 1986; LEITÃO *et al.*, 1987). Esta secagem da superfície, enquanto o interior das massas alimentícias permanece úmido, é conhecida como "case hardening" (HOSENEY, 1986).

A pré-secagem ocorre em túneis de secagem com circulação de ar e controles de temperatura (variando de 55-90 °C, dependendo do formato das massas alimentícias) e umidade (em torno de 65%) (ANTOGNELLI, 1980; CIACCO & CHANG, 1982). Normalmente, a pré-secagem dura 1 hora (DICK & MATSUO, 1988).

No início da etapa de pré-secagem, a umidade migra do centro da massa alimentícia para sua parte externa através dos pequenos canais, na mesma velocidade que evapora da superfície. Após determinado período, a migração interna diminui e a umidade concentra-se no interior do produto. Inicialmente, este gradiente não é muito grande e as tensões desenvolvidas são absorvidas, devido à plasticidade do produto. Entretanto, à medida que a umidade vai diminuindo, as tensões vão aumentando e a camada externa das

massas alimentícias, endurecida, perde a plasticidade e pode trincar (ANTOGNELLI, 1980; CIACCO & CHANG, 1982).

Por isso, em seguida, há um período de descanso, onde a circulação de ar é desligada e o produto é mantido em ar relativamente úmido, com a intenção de se atingir um equilíbrio de umidade entre o interior e a superfície da massa alimentícia (ANTOGNELLI, 1980; HOSENEY, 1986).

A etapa final consiste da alternância de períodos curtos de circulação de ar quente e úmido e períodos mais longos de descanso. A principal dificuldade no processo de secagem é a redução do conteúdo de umidade de 17-18% para 12%. Acredita-se que uma parte da água seja absorvida pelo amido e outra parte pela proteína e esta água absorvida é difícil de ser removida, daí a necessidade de longos períodos de descanso (ANTOGNELLI, 1980).

Para uma boa secagem, portanto, é necessário um controle rígido das temperaturas de bulbo seco e úmido, ou seja, da umidade relativa do ambiente dentro do secador (LEITÃO *et al*, 1987).

A temperatura geralmente varia de 45 a 70 °C e o tempo de secagem de 10 a 28 horas. O tempo de secagem pode ser reduzido pelo uso de temperaturas mais elevadas que as do processo convencional de secagem. A temperatura desse processo varia de 75 a 80 °C, com um tempo de secagem de 8 a 12 horas (ANTOGNELLI, 1980). Segundo MANSER, citado por MALCOLMSON *et al* (1993), o processo de secagem a temperaturas elevadas resulta no uso de alta-temperatura (HT) e muito alta-temperatura (VHT). O sistema de secagem a alta-temperatura refere-se a temperaturas entre 60 e 90 °C, enquanto o sistema a muito alta-temperatura refere-se a temperaturas maiores que 90 °C. O aumento na temperatura de secagem melhora a cor do espaguete, aumenta a firmeza e diminui o resíduo na água de cozimento e os valores de aumento de peso do espaguete (WYLAND & D'APPOLONIA, 1982). No entanto, MALCOLMSON *et al* (1993)

observaram que o resíduo na água de cozimento foi mais influenciado pelas mudanças no conteúdo protéico do que mudanças na temperatura de secagem.

Alta temperatura pode ser aplicada no início do ciclo de secagem ou no estágio final, sendo que este último processo tem se mostrado mais efetivo no melhoramento da qualidade de cozimento de espaguete (DEXTER *et al*, 1981a).

5 - Avaliação da qualidade de massas alimentícias

O conceito de qualidade das massas alimentícias comumente aceito pelos produtores e consumidores está ligado à sua resistência ao cozimento. Uma massa alimentícia de boa qualidade de cozimento deve ter firmeza, resistir ao esmagamento (achatamento) e não apresentar pegajosidade, ou seja, a qualidade de cozimento é geralmente considerada como a capacidade do produto de manter sua textura após cozimento, sem apresentar pegajosidade (CUBADDA, 1988).

DEXTER *et al* (1978) observaram, através de microscopia eletrônica de varredura, que a parte externa do espaguete não cozido parece estar coberta por um filme protéico amorfo, onde aparecem cavidades e rachaduras que possibilitam uma rápida penetração de água de cozimento no interior do espaguete. Quando foi feita uma seção transversal no espaguete seco, os grânulos de amido apareceram cobertos por este filme. Durante o cozimento, a superfície do espaguete torna-se macia e, à medida que os fios incham e expandem em volume, ocorre grande "stress" sobre o filme protéico envolvente, podendo resultar em áreas de ruptura. Uma mudança contínua na estrutura da superfície até o centro do espaguete cozido caracterizou a subestrutura interna do espaguete cozido. Logo abaixo da superfície aparece uma rede filamentosa complexa consistindo de numerosas

cavidades que dão aparência de favo de mel, onde a gelatinização do amido foi completa. O tamanho destas cavidades diminuíram em direção ao centro do espaguete, formando uma estrutura amorfa compacta, onde a água de cozimento não havia penetrado, pois o tempo ótimo de cozimento não havia sido atingido.

Segundo OH *et al* (1985), as cavidades de "noodles" cozidos, mostrada pelo Microscopia eletrônica de varredura, podem ser devidas à erosão do amido superficial. Os espaços vazios observados entre as proteínas superficiais do "noodle" cozido enchem-se de água, diminuindo a firmeza da massa alimentícia.

Medidas reológicas da semolina são ferramentas úteis para prever a qualidade das massas alimentícias e, por isso, são valiosas para programas de melhoramento genético. Entretanto, o melhor julgamento final da qualidade da massa alimentícia é obtido pelo teste da mesma em si, subjetivamente, através da análise sensorial, ou objetivamente, através de métodos instrumentais (DICK, 1985).

Os testes de cozimento variam entre os laboratórios, não existindo uma metodologia padrão para a avaliação da qualidade de cozimento de massas alimentícias (CUBADDA, 1988). A análise sensorial é muito utilizada nos laboratórios italianos e tem sido citada em alguns trabalhos (D'EGIDIO *et al*, 1992; DEXTER *et al*, 1983b). Contudo, a avaliação varia com a experiência dos provadores, que nem sempre aplicam uniformemente os critérios para a avaliação das propriedades de cozimento. Os procedimentos de instrumentação objetiva têm sido bastante utilizados devido à precisão e por requererem tamanhos relativamente pequenos de amostras, as quais estão disponíveis no processo de estudos genéticos das plantas (DICK, 1985). Assim, alguns pesquisadores têm utilizado métodos que medem a firmeza e a elasticidade das massas alimentícias através de aparelhos mecânicos (DEXTER *et al*, 1983a). WALSH (1971) mediu a

firmeza de espaguete cozido com o "Instron Universal Testing Instrument". A pegajosidade também pode ser medida com o aparelho "Grain Research Laboratory Compression Tester" (DEXTER *et al*, 1983a). O texturômetro usado no "Grain Research Laboratory" no Canadá mede a textura do espaguete cozido através dos parâmetros maciez, relacionada à mordida, compressibilidade, relacionada à firmeza e "recovery" relacionada à elasticidade (MATSUO & IRVINE, 1969, 1971). Foram criados também testes que correlacionam a qualidade de cozimento com os aumentos de volume, de peso da massa alimentícia cozida e de sólidos residuais na água de cozimento (CUBADDA, 1988). DEXTER *et al* (1985) mostraram que o teste "Matéria Orgânica Total" (TOM) de D'EGIDIO *et al* (1982), que mede a quantidade de material extraído do espaguete cozido e drenado, está intimamente relacionado à pegajosidade e firmeza do espaguete cozido. Segundo CUBADDA (1988), embora o método de TOM apresente correlação significativa com o método sensorial, ainda são necessários ajustes antes de ser aplicado extensivamente.

O tempo ótimo de cozimento é definido como o tempo requerido para o desaparecimento da coloração branca na parte central do fio de espaguete (DEXTER & MATSUO, 1977a). O tempo de cozimento não deve ultrapassar 15 minutos, para evitar prejuízo na qualidade de cozimento do espaguete, principalmente com amostras de glúten fraco (GRZYBOWSKI & DONNELLY, 1979).

Segundo DEXTER *et al* (1983b), amostras de espaguete cozido tornaram-se progressivamente mais pegajosas com o aumento do tempo entre a drenagem da água e o início do teste de cozimento. Este comportamento poderia ser explicado com base no aumento da desidratação da superfície do espaguete cozido, devido ao efeito combinado da evaporação da água da superfície e à absorção da mesma em direção ao

interior do espaguete. A superfície tornou-se mais seca e pegajosa devido à perda da lubrificação de água livre da superfície.

DONNELLY (1982) observou que espaguete processado através de trafiles revestidas de teflon apresentou valores superiores de firmeza e níveis menores de resíduo na água de cozimento.

Segundo KIM *et al* (1986), farinha com granulometria mais fina tende a causar um aumento na perda de sólidos na água de cozimento do espaguete.

Para analisar o efeito da água de cozimento e de seu pH sobre as características do espaguete ALARY *et al* (1980) avaliaram as seguintes características do produto cozido: cor, aumento de peso, propriedades viscoelásticas, perda de sólidos na água de cozimento e avaliação do aspecto da espaguete cozida. Todas as amostras de espaguete foram mais pegajosas e perderam mais sólidos durante o cozimento quando cozidas em água de torneira, em comparação com água deionizada (DEXTER *et al*, 1983b). MALCOLMSON *et al* (1993) confirmaram a necessidade de se padronizar a água de cozimento quando se compara uma sessão de teste a outra, ou de um laboratório a outro.

5.1 - Principais fatores associados à qualidade de cozimento das massas alimentícias

5.1.1 - Conteúdo protéico

Em geral, o resultado final do cozimento está relacionado com as propriedades da proteína e do amido presentes. Com o aquecimento, ocorre a coagulação das proteínas formando um retículo protéico, o qual confere viscosidade (estabilidade) às massas alimentícias. Essa matriz protéica engloba o grânulo de amido intumescido e gelatinizado, reduzindo sua

dispersão no meio de cozimento e sua difusão na superfície da massa alimentícia, limitando assim a pegajosidade da mesma (D'EGIDIO *et al*, 1985). Segundo CUBADDA (1988) uma rede protéica fraca permite que os grânulos de amido escapem durante o cozimento, formando uma camada de amido na superfície da massa alimentícia, tornando-o pegajoso e com tendência à aglomeração dos fios.

A influência do conteúdo protéico do *T. durum L.* sobre a qualidade de cozimento das massas alimentícias é bem conhecida. Um aumento no conteúdo protéico é associado a uma melhor qualidade de cozimento (MATSUO *et al*, 1972; DEXTER & MATSUO, 1977a). Semolinas com conteúdo protéico menor que 11,5% podem produzir massas alimentícias com baixa força mecânica e com menores estabilidade e firmeza no cozimento (IRVINE, 1978; GRZYBOWSKI & DONNELLY, 1979). Segundo MATSUO *et al* (1972), entre as variedades de *T. durum L.* de qualidade variável estudadas, a quantidade de proteína teve efeito marcante sobre a qualidade de cozimento de espaguete, a qual melhorou com o aumento do conteúdo de proteína do trigo. Resultados similares foram encontrados por DEXTER & MATSUO (1977a), que observaram que a qualidade de cozimento, medida pela maciez, compressibilidade, "recovery" e pela tolerância ao supercozimento, melhorou com o aumento do conteúdo de proteína. AUTRAN *et al* (1986) observaram, através de análise estatística, que as características reológicas de cultivares de *T. durum L.* (firmeza e elasticidade do glúten) e volume do teste de sedimentação foram dependentes da variedade e independentes do conteúdo protéico, enquanto que a pegajosidade da superfície do espaguete cozido pareceu essencialmente independente das características reológicas e significativamente influenciadas pelo conteúdo protéico e local de plantio, mas ainda influenciada pelo genótipo. MATSUO *et al* (1982), através de análise estatística, observaram que a qualidade do glúten, largura da banda

do farinograma e o tempo de mistura no mixógrafo foram correlacionados significativamente com a qualidade de cozimento e que o conteúdo protéico da semolina, o volume de sedimentação SDS e a largura da banda são os melhores parâmetros que predizem a qualidade de cozimento de espaguete.

A perda de sólidos na água de cozimento teve uma relação inversa com o conteúdo protéico do cultivar (DEXTER *et al*, 1983b).

5.1.2 - Força do glúten

Os resultados apresentados por GRZYBOWSKI & DONNELLY (1979) mostraram que altos conteúdos de proteínas não significam necessariamente qualidade de cozimento ótima, devendo ser considerada também a força do glúten. Em geral, semolinas provenientes de *T. durum L.* com propriedades de glúten forte tendem a produzir massas alimentícias com características superiores de cozimento, apresentando melhor firmeza, ou seja, característica "al dente", e também melhor tolerância ao cozimento em tempos superiores ao ótimo (GRZYBOWSKI & DONNELLY, 1979; DONNELLY, 1982; CUBADDA, 1988). MATSUO & IRVINE (1970) observaram uma relação entre a firmeza do espaguete cozido e a força do glúten. Glúten de força intermediária seriam preferidos para o processamento de espaguete (MATSUO & IRVINE, 1970; DEXTER *et al*, 1981b) pois, segundo DEXTER *et al* (1981), retêm melhor a integridade estrutural que glúten fracos, porém, por outro lado, possuem maior elasticidade e, portanto, menor susceptibilidade ao rompimento sob o stress provocado pelo intumescimento e desnaturação protéica durante o cozimento, se comparado a um glúten muito forte. Segundo AUTRAN *et al* (1986) glúten de boa qualidade parece ser necessário mas também não é condição suficiente para se ter massa alimentícia de alta qualidade.

O comportamento diferente das amostras de semolina se deve em parte à quantidade de proteínas presentes e também às características intrínsecas destas proteínas (CUBADDA, 1988). Portanto, diferenças na qualidade de cozimento podem ser atribuídas, além do conteúdo protéico (IRVINE *et al*, 1961; MATSUO *et al*, 1972; DEXTER & MATSUO, 1977a) à natureza das proteínas do glúten (MATSUO & IRVINE, 1970; WALSH & GILLES, 1971; WASIK & BUSHUK, 1975; DEXTER & MATSUO, 1977b). Em particular, as variedades com mais alta razão glutenina:gliadina parecem produzir espaguete com qualidade superior (WALSH & GILLES, 1971; WASIK & BUSHUK, 1975; DEXTER & MATSUO, 1977b).

5.1.3 - Grau de extração e granulometria

Além das características intrínsecas do trigo (*Triticum durum L.*) usado, a qualidade de cozimento das massas alimentícias pode ser afetada também pelo grau de extração da semolina e pelas condições de preparo da massa alimentícia (CUBADDA, 1988). Um alto conteúdo de cinzas é, em geral, indicativo de maior extração de semolina, resultando, conseqüentemente, num produto de coloração mais escura (MATSUO, 1988). DEXTER & MATSUO (1978a) encontraram um coeficiente de correlação maior que 0,9 entre o conteúdo de cinzas e a extração de semolina para duas variedades de *Triticum durum L.*. Segundo DEXTER *et al* (1982) e MATSUO & DEXTER (1980a), farinhas com menor conteúdo de cinzas produziram espaguete com qualidade superior, em relação à característica de cor.

Vários pesquisadores observaram aumento na perda de sólidos durante o cozimento de espaguete à medida que a granulometria da semolina tornou-se mais fina, provavelmente devido ao aumento do conteúdo de

amido danificado (MATSUO & DEXTER, 1980a; DEXTER *et al*, 1983b; MATSUO, 1988). A influência da granulometria sobre a perda de sólidos do espaguete foi observada principalmente quando se utilizou secagem a baixas temperaturas (DEXTER *et al*, 1983b).

III - MATERIAL E MÉTODOS

1 - Material

1.1 - Matéria-prima

Foi iniciado em 1985, um trabalho conjunto entre o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), com o objetivo de selecionar genótipos melhorados de trigo comum, através da irradiação com raios gama (27,5 krad) de sementes híbridas, em geração F₄, do cruzamento entre o cultivar BH-1146 (*T. aestivum L.*), de ciclo precoce, porte alto e tolerante à toxicidade de Al³⁺ e a linhagem (Anhinga "S"xWinged "S") (*T. durum L.*) de ciclo muito tardio, porte semi-anão e sensível à toxicidade de Al₃₊, visando o aumento na recombinação genética.

Os genótipos de trigo selecionados no programa de melhoramento genético, foram avaliados em ensaios regionais instalados em diferentes locais do Estado de São Paulo, no período de 1990-92, em condições de sequeiro e de irrigação por aspersão, visando a escolha dos mais produtivos e com qualidades agronômicas de interesse aos agricultores paulistas (CAMARGO *et al*, 1995b; CAMARGO *et al*, 1995c).

Nove desses genótipos de grande potencial agronômico foram selecionados, sendo que três apresentavam característica de glúten mais forte, três intermediária e as restantes características de glúten mais fraco, baseado nos resultados do teste de sedimentação-SDS. Os nove genótipos estudados nesta pesquisa, designados por números de 1 à 9, originaram-se dos seguintes ensaios:

NV1/T-21: 1

NV1/T-25: 2

NV2/T-7: 3

NV2/T-9: 4

NV2/T-17: 5

NV3/T-13: 6

NV3/T-16: 7

NV4/T-25: 8

NV6/T-14: 9

Foram usadas para comparação amostras de duas variedades de trigo fornecidas pelo IAC, uma de *T aestivum* - BH-1146, designada C1 e outra de *T. durum L.* - Yavaros "S", designada C2. Foi usada também como controle, a semolina de *T. durum L. canadense* comercial, designada C 3. As amostras foram armazenadas em câmaras frias à temperatura de 7 °C.

1.2 - Reagentes

Os reagentes utilizados apresentaram as especificações requeridas pela metodologia empregada.

1.3 - Aparelhos e Equipamentos

Foram utilizados, além da vidraria e de outros instrumentos comuns de laboratório, os seguintes aparelhos e equipamentos:

- Divisora Boerner
- Medidor de volume específico para grãos
- Moinho Brabender Quadrumat Senior
- Moinho de grãos Tecnal MOD TE-020
- Balança semi-analítica Mettler P1200
- Balança semi-analítica Mettler Toledo PB 3002
- Balança analítica Mettler AE 200
- Estufa de secagem com circulação mecânica de ar Fanem 320-SE
- Estufa circular de determinação de umidade Brabender
- Balança de determinação de umidade por infra-vermelho AND MOD AD-4714 A
- Mufla FANEM MOD-413
- Digestor de proteínas Technicon BD-40
- Destilador de nitrogênio Tecnal MOD TE-036-E
- Agitador de tubos Brabender
- Farinógrafo Brabender
- Extensógrafo Brabender
- Determinador de atividade de α -amilase Falling Number 1800
- Extrusor Ratiotrol para massas alimentícias MOD R 12 A-1/8 HP
- Do-Corder Brabender
- Agitador de peneiras para análises granulométricas Bertel
- Compressor Gast
- Texturômetro Analyses TA-XT2
- Espectrofotômetro COMCOR 1500 Plus

2 - Métodos

2.1 - Avaliação da Qualidade dos Grãos

2.1.1 - Análises Físico-Químicas

2.1.1.1 - Peso Hectolitro

As amostras de trigo (cerca de 3 kg) foram inicialmente divididas na divisora Boerner para se obter amostras representativas de menor tamanho (aproximadamente 1,5 kg). A seguir, as amostras de trigo obtidas foram colocadas no "hopper" (parte superior) do aparelho medidor de volume específico para grãos, do qual escoaram livremente, sendo recolhidas em um recipiente cilíndrico de volume igual a 1 litro. O excesso de grãos da parte superior do recipiente foi removido com o auxílio de um régua. O valor do peso hectolitro foi obtido multiplicando-se o peso por 100.

2.1.1.2 - Dureza

A dureza foi determinada medindo-se a força (kgm) para moer os grãos no moinho de cones "Burr mill", acoplado ao sistema registrador do Do-Corder, com os seguintes parâmetros de alavanca:

- . "Connector setting": 1:5
- . "Indicator adjustment": x 5
- . Abertura dos cones: 7 mm
- . Rotação: 45 rpm

2.1.1.3 - Vitreosidade

A vitreosidade dos grãos foi determinada visualmente em amostras de 20 g e expressa em porcentagem de grãos vítreos. Foram considerados vítreos os grãos que, quando observados contra a luz, apresentavam 50% ou mais de translucidez.

2.1.1.4 - Teste de Sedimentação com Dodecil Sulfato de Sódio (SDS)

O volume de sedimentação foi determinado segundo AXFORD *et al* (1978).

2.1.2 - Análises de Composição Química dos Grãos

2.1.2.1 - Umidade

A umidade foi determinada segundo AACC (1983), método nº 44-15 A.

2.1.2.2 - Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pelo método da AACC (1983) nº 46-13, usando o fator 5,7 para a conversão de nitrogênio em proteína.

2.1.2.3 - Cinzas

A porcentagem de cinzas foi determinada segundo AACC (1983), método nº 08-01.

2.1.2.4 - Lipídios

A porcentagem de lipídios foi determinada segundo método da AACCC (1983) nº 30-20, utilizando-se o extrator Soxhlet.

2.2 - Moagem dos Grãos

A moagem foi feita em moinho experimental de rolos Brabender, modelo Quadrumat Senior. Foram utilizados as seções de quebra e de redução e o sistema de peneiragem do moinho, onde foram obtidas quatro frações: farinha de quebra (partículas menores que 150 μ m), farinha de redução (menores que 195 μ m), farelo (maiores que 500 μ m) e farelinho (maiores que 195 μ m e menores que 500 μ m). O farelinho foi remoído na seção de redução do moinho, passando novamente pelo sistema de peneiragem, que separou mais uma fração de farinha de redução. As farinhas correspondentes a cada amostra foram compostas pela mistura da farinha de quebra com as duas frações obtidas na seção de redução. A granulometria da semolina de *T. durum L.* canadense (moída comercialmente) foi reduzida pela moagem no sistema de redução do moinho laboratorial.

2.3 - Avaliação da Qualidade das Farinhas

2.3.1 - Análises Físico-Químicas

2.3.1.1 - Granulometria

A distribuição do tamanho de partículas das farinhas foi determinada no agitador, equipado com quatro peneiras vibratórias com

aberturas de 420, 250, 177 e 149 μm . As frações das farinhas retidas nas peneiras foram pesadas e os resultados obtidos expressos em porcentagem.

2.3.1.2 - Umidade: segundo AACC (1983), método nº 44-15A.

2.3.1.3 - Proteína: segundo AACC (1983), método nº 46-13.

2.3.1.4 - Cinzas: segundo AACC (1983), método nº 08-01.

2.3.1.5 - Lipídios: segundo AACC (1983), método nº 30-20.

2.3.1.6 - Glúten Úmido e Seco: segundo AACC (1983), método nº 38-10.

2.3.1.7 - Cor

A determinação da cor das farinhas foi realizada utilizando o espectrofotômetro COMCOR 1500 Plus, ângulo de 10° , iluminante C, sistema $L^* a^* b^*$ CIE e XYZ xy da CIE, na faixa de comprimento de onda de 360-740 nm, configuração CRIL, conferindo-se opacidade às amostras.

Cada amostra de farinha (30 g aproximadamente) foi comprimida uniformemente em cápsula de fundo de vidro óptico. Com os dados obtidos, foram determinadas as curvas espectrais das farinhas, que medem a porcentagem de luz refletida das amostras no intervalo de comprimento de onda citado.

2.3.2 - Análises Reológicas

2.3.2.1 - Farinograma

As características farinográficas das farinhas foram avaliadas segundo método desenvolvido por IRVINE *et al* (1961), utilizando-se o misturador de 50 g de farinha e uma quantidade de água fixa de 31,5% do peso da farinha.

Foram usados os seguintes parâmetros na interpretação do farinograma:

- tempo de mistura: tempo (min) requerido para atingir o pico da curva (consistência máxima).
- índice de tolerância: decréscimo na consistência medido em Unidades Farinográficas (UF) 4 minutos, depois do pico.
- consistência máxima: consistência em Unidades Farinográficas, medida no topo da curva.
- largura da banda: largura da curva, em Unidades Farinográficas, medida 4 minutos depois da curva atingir o pico.

2.3.2.2 - Extensograma

As propriedades extensográficas das farinhas foram determinadas pelo Extensógrafo, segundo AACC (1983), método nº 54-10. Foram avaliados no extensograma os seguintes parâmetros:

- extensibilidade (E): comprimento do extensograma (mm) desde o início até o final da curva.
- resistência à extensão ou elasticidade (R): altura da curva extensográfica, medida em Unidades Extensográficas (UE), a 50 mm do seu início.

- resistência máxima (RM): altura máxima da curva em UE.

2.3.2.3 - Número de Queda

A determinação da atividade diastática das farinhas foi realizada no Falling Number, segundo AACC (1983), método nº 56-81B.

2.4 - Processamento do Espaguete

2.4.1 - Mistura

A 1,5 kg de farinha foram adicionados 31,5% (do peso da farinha) de água destilada, que foram misturados por 3 a 4 minutos no recipiente de mistura do Do-Corder e transferidos, em seguida, para o misturador do extrusor, onde foi efetuada a mistura por mais cinco minutos.

2.4.2 - Extrusão

A extrusão foi realizada sob vácuo no extrusor, que 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 de hélice constante em toda sua extensão. Velocidade: 37 rpm.
- matriz para espaguete, com orifícios de 1,8 mm de diâmetro, recobertos com teflon.

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

2.4.3 - Secagem

Os bastões foram acomodados dentro de uma caixa de madeira (30 cm x 30 cm x 30 cm) construída segundo WATANABE (1988), apresentando uma das laterais em acrílico para a visualização das amostras e contendo um termômetro e higrômetro.

A caixa foi colocada no interior de uma estufa com circulação forçada de ar, mantida a 45 °C.

Para o controle da umidade relativa dentro da caixa, foram utilizadas as seguintes soluções salinas saturadas.

Sal	UR aproximada (%)
K ₂ SO ₄	95
BaCl ₂	85
NaCl	75
NaNO ₂	65

As amostras foram mantidas às umidades relativas de 95% durante as três primeiras horas de secagem, 85% durante as quatro horas seguintes, 75% durante quinze horas e 65% até a umidade da amostra atingir 12-13%, em um tempo de aproximadamente cinco horas, totalizando um tempo de secagem em torno de 27 horas.

A determinação da umidade final do espaguete foi feita em medidor de umidade por infra-vermelho, por 15 minutos, usando uma pequena amostra de aproximadamente 10 g do espaguete, triturada no liquidificador, com tamanho de partícula menor que 0,50 mm.

2.5 - Avaliação da Qualidade do Espaguete

2.5.1 - Cor

A coloração do espaguete seco foi analisada por meio do espectrofotômetro COMCOR 1500 plus, conferindo-se opacidade à amostra, da mesma forma que foi descrita para a análise de cor das farinhas (item 2.3.1.7).

Através dos valores de x e y , foram obtidos no diagrama de cromaticidade da CIE, o comprimento de onda dominante (λ) e a pureza (%) de cada amostra (Mixture Diagram according to the 1931 CIE standard observer and coordinate system) (FRANCIS & CLYDESDALE, 1975).

O comprimento de onda dominante é o ponto de intersecção da reta obtida, unindo-se os pontos definidos pelas coordenadas de cromaticidade do iluminante C e da amostra (x,y), com a borda do "spectrum locus". Isto quer dizer que uma mistura de comprimento de onda dominante com o iluminante dará a cor à amostra.

A pureza é definida como o quociente da distância do iluminante até a amostra pela distância do iluminante até a borda do "spectrum locus", dando uma indicação da intensidade de cor ou croma da amostra (DEXTER & MATSUO, 1977b; FERREIRA, 1991).

As curvas espectrais foram determinadas conforme item 2.3.1.7.

2.5.2 - Teste de Cozimento

O teste de cozimento foi realizado segundo AACC (1983), método nº 16-50, usando 10 g de espaguete em 140 ml de água destilada em ebulição. O espaguete foi cozido até que o tempo ótimo de cozimento fosse atingido.

Após o cozimento, o espaguete foi drenado em funil de Buchner (10 cm de diâmetro) por 2 minutos, sendo agitado cinco vezes no primeiro minuto.

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Tempo ótimo de Cozimento: definido como o tempo necessário para desaparecer a cor branca no eixo central do espaguete, determinado mediante a compressão do produto entre duas placas de acrílico (8 x 2,5 cm), a cada 2 minutos, após 6 minutos de cozimento.
- Aumento de Peso: foi determinado pela pesagem de 10 g de amostra crua após o cozimento. O resultado foi expresso pelo peso espaguete cozido/10 g.
- Aumento de Volume: o volume foi determinado pelo deslocamento de hexano em proveta de 100 ml. O resultado foi obtido pela razão entre os volumes da amostra cozida e crua (10 g).
- Resíduo na água de cozimento: definido como a quantidade de sólidos perdidos durante o cozimento. Foi determinado em estufa a 105 °C, evaporando-se uma alíquota de 25 ml da água de cozimento até peso constante. A porcentagem de resíduo foi calculada como se segue:

$$\text{Resíduo (\%)} = \frac{\text{Peso resíduo evapor.} \times \text{vol. restante da água de cozimento}}{\text{Peso amostra} \times \text{vol. alíquota}} \times 100$$

2.5.3 - Firmeza

A firmeza do espaguete cozido foi analisada no Texturômetro TA-XT2 Texture Analyses, com a lâmina SS de 3 mm de espessura na base do corte. A lâmina avançou à velocidade de 2,5 mm/s, com deslocamento de 10 mm, suficiente para cortar os fios de espaguete no sentido transversal (TEXTURE TECH. CORP, s. data).

O espaguete foi cozido (10 g em 140 ml de água destilada) no tempo ótimo determinado para cada amostra e drenado por 3 minutos. Foram feitos três cortes em uma camada de espaguete de quatro fios colocados lado a lado. Este procedimento foi repetido por mais duas vezes, totalizando, portanto, nove determinações. Os resultados foram expressos em gramas.

2.6 - Análise Estatística

Os resultados das avaliações realizadas nos grãos, na farinha e na massa, foram submetidos a uma análise de variância simples e foram feitas comparações, entre as diferentes amostras em cada experimento, pelo teste de Tukey (GOMES, 1987).

Foram feitas algumas correlações entre as variáveis das análises dos grãos, farinhas e espaguete.

Foi verificado o comportamento das massas das linhagens em relação às das variedades dos trigos controles (*T. aestivum L.* e *T. durum L.*), através da Análise dos Componentes Principais, utilizando o procedimento Proc Primcomp do SAS. Os resultados foram obtidos analisando-se os componentes principais e o gráfico plotado do 1º componente pelo 2º componente principal.

A Análise de Componentes Principais é uma técnica usada para analisar um pequeno número de combinações lineares (Componentes Principais), que é utilizado no lugar das variáveis originais, detendo tanta informação destas variáveis quanto possível, ou seja, cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais e, embora p componentes sejam necessárias para reproduzir totalmente o sistema de variabilidade, geralmente poucas das CP's explicam muito da variabilidade. Assim, k componentes podem substituir as p variáveis originais, reduzindo, desta forma a complexidade do conjunto de dados originais (SAS, 1985).

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 - Avaliação da Qualidade dos Grãos

A avaliação da qualidade dos grãos foi feita baseada nas análises físico-químicas e de composição química dos grãos

1.1 - Análises físico-químicas

Neste estudo, foram determinados o peso hectolitro, a dureza, a vitreosidade e o volume de sedimentação das amostras de grãos, visto que estes são considerados importantes critérios para a avaliação da qualidade do trigo.

1.1.1 - Peso Hectolitro

As amostras apresentaram valores de peso hectolitro entre 72,2 e 76,0 kg/hl, sendo que as amostras 1 e 5 se destacaram, apresentando os valores mais altos (Tabela 1). Os resultados se encontraram dentro da faixa citada por MATSUO & DEXTER (1980b), para amostras de *T. durum L.* canadense (71,8 a 85,8 kg/hl, umidade não citada). No entanto, apenas a amostra 1, que apresentou peso hectolitro de 76,0 kg/hl, se encontrou na faixa observada por DEXTER *et al* (1987) para *T. durum L.* canadense (75,9 a 83,1 kg/hl, com conteúdo de umidade entre 9,5 e 10,5 %). Os baixos valores de peso hectolitro encontrados podem ser devido ao elevado conteúdo de umidade das amostras estudadas (16,0 a 16,6%), que tende a provocar uma redução no valor de peso hectolitro.

Tabela 1 - Testes de Qualidade dos Grãos

Amostra	Peso Hectolitro ^{1,2} (kg/hl)	Dureza ^{1,3} (kgm)	Vitreosidade ^{1,3} (%)	Teste de Sedimentação ³ (ml)
C 1	75,5 a,b	1780 b	98,3 a	32,7 b,c,d,e
C 2	75,3 b	2115 a	90,4 c	23,0 f
1	76,0 a	1827 b	91,8 b,c	31,1 d,e
2	73,7 c	1400 d,e	87,9 c	34,1 a,b,c,d
3	73,6 c	1497 c	71,4 e,f	34,9 a,b,c
4	73,1 c	1497 c	77,0 d	36,0 a,b
5	75,3 b	1377 e	96,2 a,b	29,7 e
6	72,4 d	1510 c	75,5 d,e	36,9 a
7	72,2 d	1472 c,d	69,1 f,g	34,1 a,b,c,d
8	72,2 d	1495 c	60,2 h	36,1 a,b
9	73,5 c	1470 c,d	64,8 g,h	32,2 c,d,e

(1) Valores acompanhados de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de 1% de significância.

(2) Média de três repetições.

(3) Média de duas repetições.

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L., 1 à 9: linhagens estudadas.

Considerando-se unicamente o peso hectolitro como parâmetro de classificação de *T. durum* L. dos Estados Unidos, as amostras 1 e 5 seriam qualificadas no grau nº 2 (peso hectolitro mínimo de 75 kg/hl) e as demais no grau nº 3 (peso hectolitro mínimo de 72 kg/hl).

O trigo nacional, para fins de comercialização interna, é classificado em três tipos, definidos em função do peso hectolitro, entre outros parâmetros. Os trigos dos tipo 1, 2 e 3 devem ter valores de peso hectolitro mínimo de 78, 75 e 72 kg/hl, respectivamente (BRASIL, 1994). Portanto, as amostras 1 e 5, com base no peso hectolitro, são do tipo 2, enquanto as demais ostras são do tipo 3.

Assim, as linhagens 1 e 5, com maiores pesos hectolitro, podem apresentar maiores rendimentos em farinha, tendência observada por POMERANZ (1987) em amostras de *T. durum* L..

1.1.2- Dureza

Os valores de dureza apresentados pelas amostras 3, 4, 6, 7, 8 e 9 não diferiram estatisticamente ao nível de 1% de significância (Tabela 1). A linhagem 1 apresentou o maior valor entre as linhagens.

A dureza do *T. durum* L. (C2) foi superior às das amostras e do controle de *T. aestivum* L. (C1), o que concordou com outros trabalhos que verificaram que o grão de *T. durum* L. é, em geral, fisicamente mais duro que o trigo para pão (HOSENEY, 1986; GLENN *et al* 1991).

Os teores altos de umidade dos grãos podem ter influenciado os resultados de dureza, visto que, os grãos, em geral, tornam-se mais moles

conforme o conteúdo de umidade aumenta (POMERANZ & WILLIAMS, 1990).

Segundo YAMAZAKI & DONELSON (1983), existe baixa relação entre dureza e conteúdo protéico dos grãos. Neste trabalho, não foi encontrada correlação significativa entre esses parâmetros.

1.1.3 - Vitreosidade

O grau de vitreosidade tem sido considerado um importante fator de classificação de grãos de *T. durum L.* e, em geral, é desejável uma porcentagem elevada de grãos vítreos, por produzirem maior quantidade de partículas grossas de farinha (WALSH & GILLES, 1974). A vitreosidade é frequentemente considerada como um indicativo da dureza e do conteúdo de proteínas do trigo. No entanto, é uma análise subjetiva (HEILMAN & WILSON, 1988).

Pode-se observar pela análise dos resultados da Tabela 1, que todas as amostras tiveram vitreosidade maior que 50%, sendo que as linhagens 1, 2 e 5 apresentaram valores mais elevados em relação às outras linhagens (91,8; 87,9 e 96,2%, respectivamente), apesar das linhagens 2 e 5 terem apresentado os mais baixos valores de dureza. As demais apresentaram valores de vitreosidade no intervalo de 60,2 a 77,0%, o que está dentro das faixas de valores de 51 a 99% e 54 a 92%, encontradas por BOYACIOGLU *et al* (1991) e DONNELLY (1982) em amostras de *T. durum L.*, respectivamente. O controle *T. aestivum L.* (C1) apresentou porcentagem de grãos vítreos maior que o controle de *T. durum L.* (C2).

1.1.4 - Teste de Sedimentação com SDS

O teste de sedimentação com SDS é um teste útil na determinação da força do glúten (DEXTER *et al*, 1980; DICK & QUICK, 1983). No entanto, segundo D'EGIDIO *et al* (1990), o teste não é eficiente para prever a qualidade de cozimento de massas, porém pode permitir a separação de trigos de qualidade inferior.

Os volumes de sedimentação das amostras variaram de 29,7 a 36,9 ml (Tabela 1), que se encontraram dentro das faixas de 26 a 55 ml e 12 a 42 ml citadas por DEXTER *et al* (1981b) e AUTRAN *et al* (1986), respectivamente em amostras de *T. durum L.*. Porém, os resultados das amostras analisadas se encontraram fora do intervalo (51-88 ml) obtido em amostras de *T. aestivum L.* (DEXTER *et al*, 1981b). As linhagens 4, 6 e 8 apresentaram os maiores valores 36,0; 36,9 e 36,1 ml, respectivamente.

O controle *T. durum L.* (C2) apresentou o menor de volume de sedimentação (23,00 ml) em relação aos das outras amostras. DEXTER *et al* (1980) sugeriram que existe, possivelmente, uma força de glúten ótima associada com qualidade superior de cozimento de macarrão, acima da qual a qualidade de cozimento pode diminuir. Desta forma, seriam desejáveis farinhas com força de glúten intermediária para a produção de massas de boa qualidade.

1.2 - Análises de Composição Química dos Grãos

Foram determinadas as porcentagens de umidade, proteínas, cinzas e lipídios dos grãos.

1.2.1 - Umidade

A Tabela 2 mostra que os conteúdos de umidade das amostras foram próximos, variando de 16,0 a 16,6%.

Neste trabalho, não foi feito o condicionamento dos trigos para a moagem, devido ao alto conteúdo de umidade das amostras, situado em uma faixa indicada para *T. durum L.* (DONNELLY, 1991).

1.2.2 - Proteínas

Os conteúdos protéicos dos grãos das nove linhagens, apresentados na Tabela 2, diferiram significativamente, ao nível de 1% , situando-se na faixa de 12,07 a 14,38%. Os valores encontrados foram bem menores que os limites superiores das faixas de 11,62 a 20,00% (base seca) e 10,7 a 20,2%, citadas por BOYACIOGLU *et al* (1991) e por AUTRAN *et al* (1986), respectivamente.

Tabela 2 - Análise de Composição Química dos Grãos

Amostra	Umidade ¹ (%)	Proteínas ¹ (%)	Cinzas ¹ (%)	Lipídios ¹ (%)
C 1	16,4	17,54 a	1,99 b,c	2,66 a
C 2	16,0	12,04 g	2,04 a,b	1,93 d
1	16,2	12,95 d,e	2,00 b,c	2,33 b
2	16,2	14,13 b,c	1,95 c,d	2,59 a
3	16,5	12,60 e,f,g	2,00 b,c	2,58 a
4	16,1	12,07 f,g	1,90 d	2,62 a
5	16,4	14,38 b	2,00 b,c	2,20 b,c
6	16,6	12,29 e,f,g	1,88 d	2,54 a
7	16,2	13,57 c,d	2,11 a	2,53 a
8	16,5	12,48 e,f,g	2,02 b	2,09 c
9	16,4	12,75 e,f	2,00 b,c	2,60 a

(1) Média de três repetições; valores acompanhados de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de 1% de significância (Base seca).

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L., 1 a 9: linhagens estudadas.

O conteúdo de proteínas de amostras de *T. aestivum L.* é variável, sendo que os trigos com teores mais elevados, na faixa de 11,0 a 14,5% são indicados para a produção de pães, enquanto que trigos com menores teores (7,0 a 10,0%) são recomendados para produção de bolos, bolachas, etc (MAILHOT & PATTON, 1988).

Vários trabalhos citaram teores de proteínas de *T. durum L.* maior que 13% (base seca) (KATHURIA & SIDHU, 1984; DEXTER *et al.*, 1987; MALCOLMSON *et al.*, 1993), o que também foi encontrado nas amostras 2, 5 e 7 e no controle de *T. aestivum L.* (C1).

Geralmente, um aumento no conteúdo protéico é associado a uma melhor qualidade de cozimento do macarrão (MATSUO *et al.*, 1972; DEXTER & MATSUO, 1977a).

Além do conteúdo protéico do trigo, é importante considerar também a qualidade das proteínas para a produção de massas (DICK & MATSUO, 1988).

O conteúdo protéico das linhagens estudadas exibiu uma correlação significativa com a vitreosidade, ao nível de 1% de significância ($r=0,582$).

1.2.3 - Cinzas

Com relação ao teor de cinzas dos grãos, os valores encontrados (Tabela 2) apresentaram diferenças significativas, ao nível de 1%, situando-se na faixa de 1,88 a 2,02%, o que concordou com valores observados para amostras de *T.*

durum L. que variaram de 1,70 a 2,00% (base seca) (DEXTER *et al*, 1987; MALCOLMSON *et al*, 1993) ou de 1,84 a 2,42% (BOYACIOGLU *et al*, 1991).

Segundo MAILHOT & PATTON (1988), os teores de cinzas dos grãos são afetados pelas condições ambientais e do solo e também por fatores genéticos. As diferenças nos conteúdos de cinzas das linhagens obtidos neste estudo foram possivelmente afetados pelos fatores genéticos, já que as mesmas foram cultivadas sob as mesmas condições.

Somente as amostras 4 e 6 diferiram de ambos os controles *T. aestivum L.* (C1) e *T. durum L.* (C2), apresentando os menores valores.

1.2.4 - Lipídios

Quanto ao conteúdo de lipídios, os valores encontrados para as amostras não diferiram entre si e do controle de *T. aestivum L.* (C1), ao nível de 1% de significância, exceto as amostras 1,5 e 8. O controle *T. durum L.* (C2) apresentou o menor valor de lipídios, de 1,93%.

O controle *T. durum L.* (C2) apresentou valor inferior aos do controle *T. aestivum L.* (C1) e das linhagens, embora TOEPFER *et al* (1972) tenham mostrado que, em geral, *T. durum L.* apresenta teor de lipídios superior ao do *T. aestivum L.*

2 - Avaliação da Qualidade das Farinhas

As análises de qualidade de farinhas fornecem informações úteis que denotam a adequabilidade do material para o uso final em algum produto particular. Várias análises são disponíveis para a avaliação da qualidade das farinhas. Neste estudo, elas foram divididas em análises físico-químicas (granulometria, proteínas cinzas, lipídios, glúten e cor) e análises reológicas (propriedades de hidratação e mistura, propriedades de extensão e determinação da atividade diastática).

2.1 - Análises físico-químicas

2.1.1 - Granulometria

A Tabela 3 mostra que as farinhas das amostras apresentaram mais de 90% de partículas de tamanho menor que 250 μm , exceto as linhagens 5 e 6, que apresentaram as mais altas porcentagens de partículas de maior tamanho (250 a 420 μm). Os valores de 12,56 e 22,09%, encontrados nas referidas linhagens, foram muito baixos quando comparados aos da literatura. O tamanho das partículas de semolinas de amostras de *T. durum L.* varia principalmente entre 180 a 860 μm , sendo que mais de 50% apresenta tamanho na faixa de 230 a 380 μm (BANASIK, 1981; WYLAND & D'APPOLONIA, 1982) ou 250 a 420 μm (MATSUO & DEXTER, 1980a; DEXTER *et al.*, 1988).

As amostras estudadas apresentaram altas porcentagens de partículas com tamanhos menores que 149 μm (16,11 a 62,73%), que representam valores muito superiores aos máximos estabelecidos nas especificações de semolina

nos Estados Unidos (BANASIK, 1981), Canadá (DEXTER *et al*, 1987) e Itália (CUBADDA, 1988). Isto foi, principalmente, resultado do uso de moinho laboratorial, adequado à moagem de trigo comum (*T. aestivum L.*).

A granulometria das amostras não foi adequada para produção de massas de boa qualidade, segundo DONNELLY (1991), que recomenda tamanhos de partículas de semolina não muito grosseiros e nem muito finos, sendo preferível tamanhos uniformes, pois as partículas finas tendem a absorver água mais rapidamente que as grosseiras, resultando em pontos brancos na massa seca.

Tabela 3 - Granulometria das Farinhas

Amostra	Granulometria (μm)				
	>420	250-420	177-250	149-177	<149
C 1	0,00	0,20	34,64	20,33	44,21
C 2	0,00	0,07	19,48	33,41	46,84
C 3	0,00	0,00	29,41	33,87	36,09
1	0,01	0,06	9,39	27,45	62,73
2	0,12	5,13	49,61	17,83	27,39
3	0,08	4,60	31,45	24,63	39,17
4	0,08	8,07	37,90	16,36	37,31
5	0,14	12,56	54,02	11,61	21,97
6	0,05	22,09	49,50	11,66	16,11
7	0,01	8,72	48,67	16,00	26,23
8	0,12	5,13	49,61	17,83	27,39
9	0,10	0,80	51,88	19,57	27,61

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L.; C3: controle (farinha de *T. durum* L. canadense), 1 à 9: linhagens estudadas.

2.1.2 - Proteínas

A Tabela 4 mostra que o conteúdo protéico das linhagens variou de 11,11 a 13,04%, destacando-se as farinhas 2, 5 e 7 que apresentaram os maiores teores (13,04; 12,63 e 12,54%, respectivamente).

As amostras 1, 3, 4, 6, 8 e 9 e o controle *T. durum L.* (C2) apresentaram valores na faixa de 11,11 a 11,80%. Resultados similares foram encontrados por alguns pesquisadores que estudaram semolinas com porcentagens de proteínas de cerca de 11% (base seca) (D'EGIDIO *et al.*, 1990; DEXTER *et al.*, 1988).

Grande parte de semolinas de amostras de *T. durum L.* apresentaram conteúdos protéicos acima de 14% (base seca) (DEXTER & MATSUO, 1980; DEXTER *et al.*, 1983b; KIM *et al.*, 1986), o que também foi encontrado no controle *T. durum L.* canadense (C3). Segundo DICK & MATSUO (1988) um conteúdo protéico elevado, com um mínimo de 12% de proteínas, é preferido para a produção de massas.

2.1.3 - Cinzas

Os teores de cinzas das linhagens variaram de 0,41 a 0,67% (Tabela 4), sendo que os valores das amostras 1 e 4 mais se aproximaram do valor dos controles *T. durum L.* (C2 e C3), pois foram os maiores valores (0,67 e 0,65%, respectivamente). Os controles de *T. durum L.* (C2 e C3) apresentaram conteúdos de cinzas elevados (0,91% e 0,64%, respectivamente), o que concordou com alguns trabalhos que mostraram que as farinhas de *T. durum L.*

Tabela 4 - Análise Físico-Química das Farinhas

Amostra	Cor					Glúten Seco ^{1,3} (%)	Glúten Úmido ^{1,3} (%)	Lipídios ^{1,2} (%)	Cinzas ^{1,2} (%)	Proteína ^{1,2} (%)	Cinzas ^{1,2} (%)	Lipídios ^{1,2} (%)	Cor		
	L* ^{1,2}	a* ^{1,2}	b* ^{1,2}	L* ^{1,2}	a* ^{1,2}								b* ^{1,2}		
C1	15,61 a	0,53 d	1,20 d	37,39 a	13,52 a	94,56 d	-0,0267 h,i	6,58 g							
C2	11,42 d,e	0,91 a	1,61 a	18,09 f	8,03 d	91,24 h	0,4200 b	15,60 b							
C3	14,08 b	0,64 b,c	1,00 f	28,43 c,d	11,39 b	91,42 g	0,5567 a	20,28 a							
1	11,63 d	0,67 b	1,67 a	24,13 e	8,58 c,d	92,82 f	0,3800 c	11,24 c							
2	13,04 c	0,50 d	1,38 c	30,52 b,c	10,82 b	94,64 c,d	-0,0467 i,j	6,91 e,f							
3	11,35 d,e	0,56 c,d	1,49 b	22,96 e	8,64 c,d	95,07 a	-0,0633 j	6,58 g							
4	11,44 d,e	0,65 b,c	1,38 c	27,00 d	9,45 c	94,36 e	0,2933 d	7,05 d,e							
5	12,63 c	0,41 e	0,85 g	32,45 b	11,11 b	94,65 c,d	0 g,h	7,08 d,e							
6	11,80 d	0,56 c,d	1,63 a	22,33 e	8,55 c,d	94,78 b	0,0133 g	7,08 d							
7	12,54 c	0,59 b,c,d	1,13 e	22,68 c	9,40 c	94,80 b	0,1167 e	7,09 d							
8	11,57 d,e	0,57 c,d	1,36 c	22,15 e	8,22 d	94,73 b,c	0,0467 f	6,87 f							
9	11,11 e	0,59 b,c,d	0,84 g	23,22 e	8,66 c,d	94,99 a	0,0267 f,g	7,02 d,e,f							

(1) Valores acompanhados de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de 1% de significância. Base Seca.

(2) Média de três repetições.

(3) Média de duas repetições.

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L.; C3: controle (farinha de *T. durum* L. canadense). 1 à 9: linhagens estudadas.

apresentaram maiores conteúdos de cinzas que as farinhas para pão (BAKHSHI & BAINS, 1987; BOYACIOGLU & D'APPOLONIA, 1994). Conforme MATSUO (1988), farinhas de *T. durum L.* com 75% de extração apresentaram conteúdos de cinzas de 0,87 a 0,93% (base seca), enquanto que farinhas de trigo comum, com a mesma extração, apresentaram 0,52 a 0,58% de cinzas.

Um alto conteúdo de cinzas é, em geral, indicativo de maior extração de semolina, resultando, conseqüentemente, num produto de coloração mais escura. No entanto, o conteúdo de cinzas depende não somente da moagem ou do rendimento, mas também do tipo de trigo (CUBADDA, 1988).

2.1.4 - Lipídios

As porcentagens de lipídios das farinhas apresentadas na Tabela 4 diferiram significativamente, ao nível de 1%, situando-se na faixa de 0,84 a 1,67%, sendo que as amostras 1 e 6 e o controle *T. durum L.* (C2) apresentaram os maiores valores. Estes resultados concordaram com TOEPFER *et al* (1972), que obteve teores de lipídios superiores para farinhas de *T. durum L.* (1,90%, base seca), em relação ao *T. aestivum L.* (1,41%, base seca).

2.1.5 - Glúten Úmido e Seco

Com relação ao conteúdo de glúten úmido, os resultados variaram de 22,15 a 32,45% (base seca) (Tabela 4), sendo que a maior parte das linhagens tiveram resultados estatisticamente iguais, ao nível de 1% de significância. As amostras 2, 4 e 5 apresentaram os valores mais elevados de glúten úmido (30,52; 27,00 e 32,45%, respectivamente), os quais foram comparáveis aos resultados obtidos com amostras *T. durum L.* encontrados na literatura que, no geral, estão acima de 25% (base seca) (D'EGIDIO *et al.*, 1990; DEXTER *et al.*, 1988).

O conteúdo de glúten úmido é usado como indicativo do conteúdo protéico aproximado, enquanto as propriedades de manuseio e a aparência indicam o tipo de trigo. As características da massa (extensibilidade e elasticidade), a cor e a capacidade da massa para a formação de um filme indicam o tipo de trigo (MATSUO, 1988). Em geral, um conteúdo de glúten elevado é associado com boa qualidade de cozimento de massas alimentícias, embora a força do glúten também deva ser considerada (CUBADDA, 1988).

Quanto ao conteúdo de glúten seco, os valores das linhagens variaram de 8,22 a 11,11%, diferindo ao nível de 1% de significância. As linhagens 2 e 5 apresentaram os resultados mais elevados, 10,82 e 11,11%, respectivamente, não diferindo do controle *T. durum L.* (C3), ao nível de 1% de significância.

2.1 6 - Cor

A Tabela 4 mostra os valores de L^* , a^* e b^* das farinhas, os quais estão representados na Figura 1. Em termos de luminosidade (L^*), clara/escuro, os resultados das linhagens variaram de 92,82 a 95,07, os quais foram valores elevados, quando comparados aos controles de *T. durum* L. (C2 e C3) e, com exceção da amostra 1, valores próximos ao controle de *T. aestivum* L. (94,56). As amostras 3 e 9 apresentaram os valores mais elevados (95,07 e 94,99, respectivamente) enquanto a 1 apresentou o menor valor (92,82), conforme pode ser visualizado na Figura 2.

Os valores de a^* (verde/vermelho) foram baixos (próximos de zero) para todas as amostras, o que denota valores praticamente desprezíveis de verde ($-a^*$) e ligeiramente maiores de vermelho ($+a^*$), o que parece não ter influenciado na cor das farinhas. As amostras 1 e 4 foram as que mais se aproximaram do valor de a^* dos controles de *T. durum* L. (C2 e C3) (Figura 2).

Os valores de b^* (azul/amarelo) das linhagens variaram de 6,58 (amostra 3) a 11,24 (amostra 1). Para a produção de massas alimentícias, é desejável farinhas com valores elevados de b^* , já que estão relacionados à cor amarela. As linhagens 2 a 9 apresentaram valores de b^* próximos ao do controle de *T. aestivum* L. (C1). Os valores de b^* das amostras foram baixos, o que indicou que as farinhas apresentaram tonalidade amarela reduzida, com exceção da amostra 1, que apresentou maior valor. Os controles de *T. durum* L. (C2 e C3) apresentaram resultados mais elevados (15,60 e 20,28, respectivamente). Valores similares de b^* (16,30 a 25,36) foram obtidos por JOHNSTON *et al* (1980) para amostras de *T. durum* L..

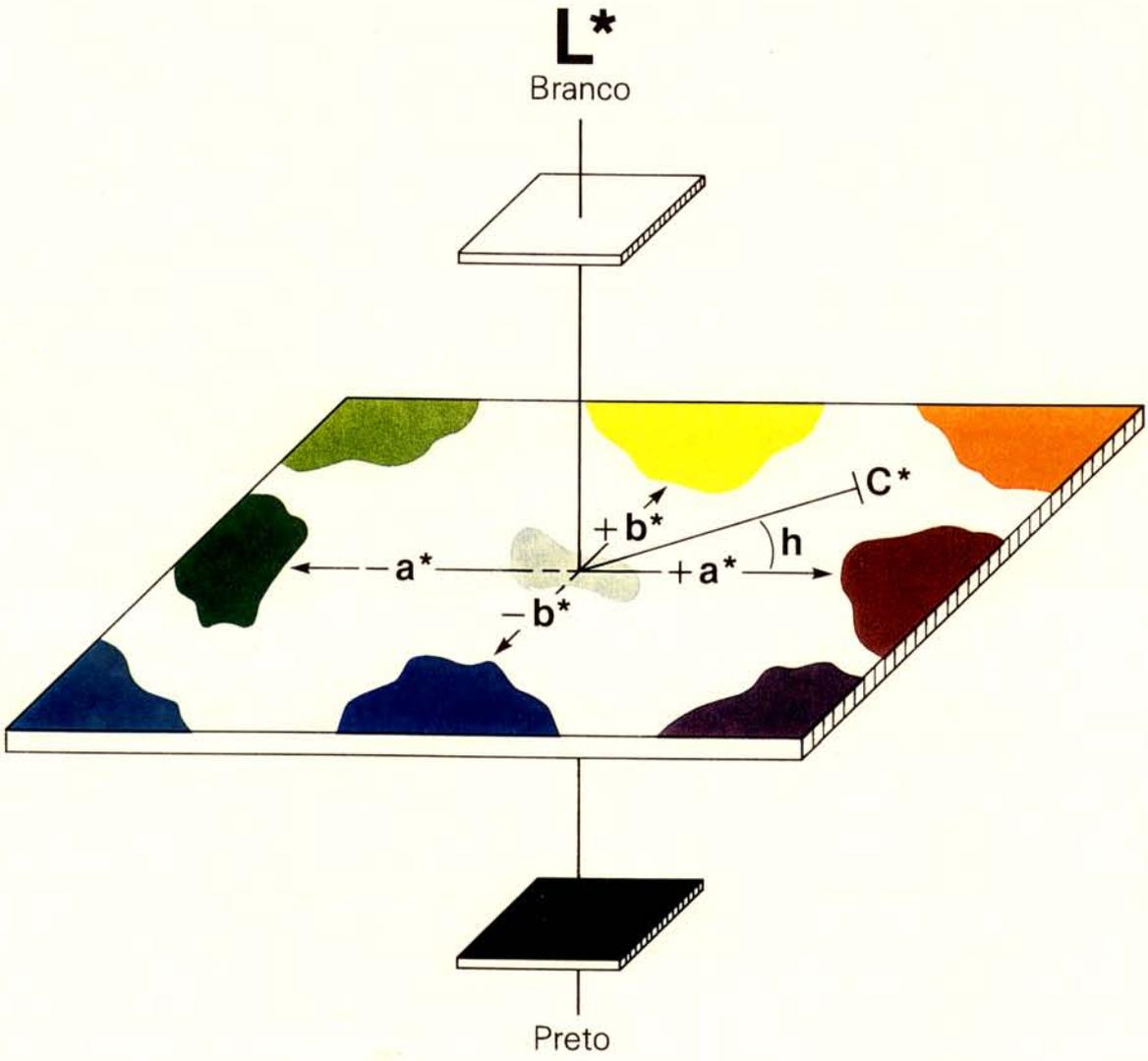


Figura 1: Sistema L^* , a^* e b^*

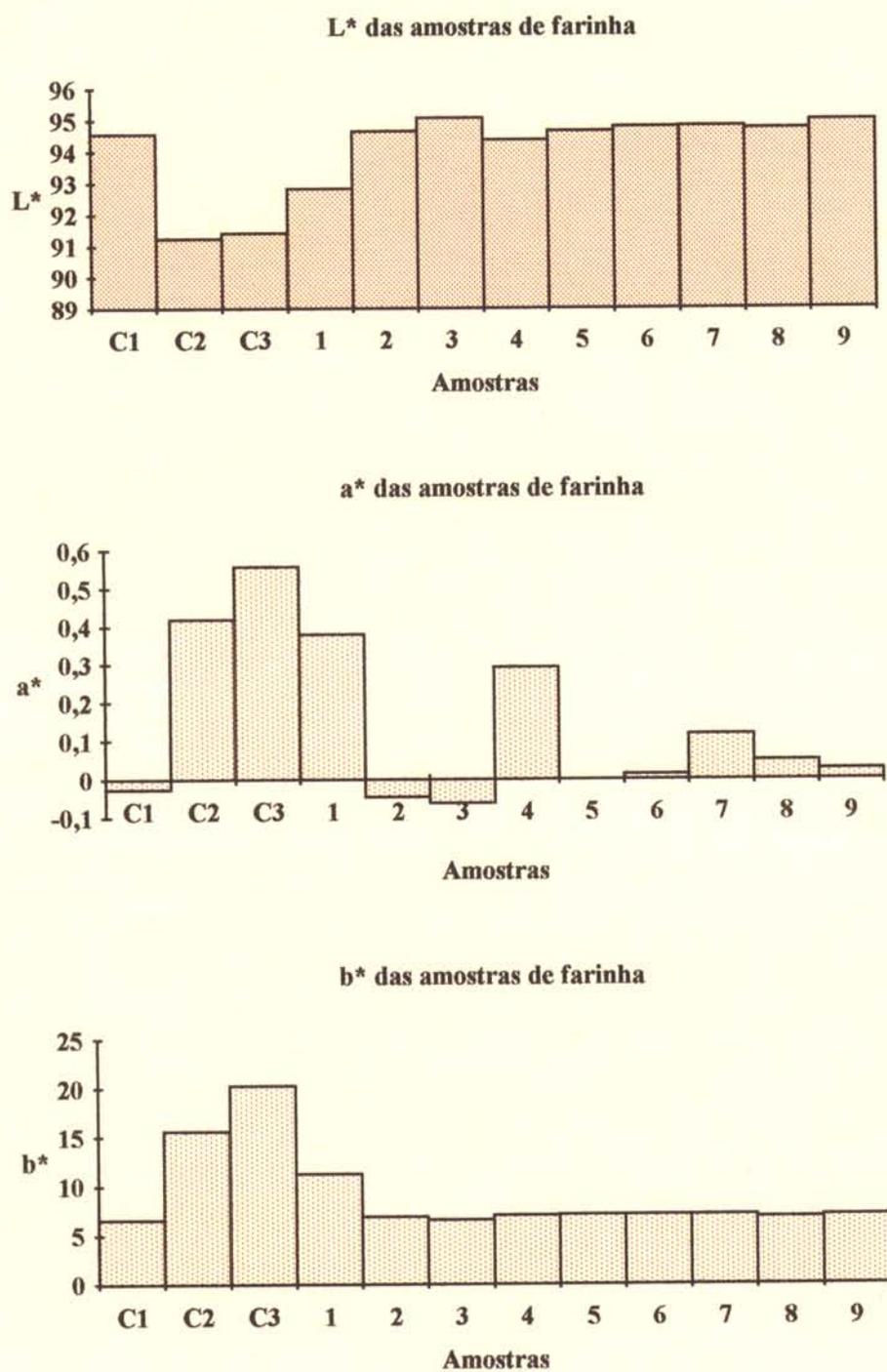


Figura 2: Parâmetros de cor L*, a* e b* das farinhas.

As curvas espectrais das farinhas, apresentadas na Figura 3, dão informações mais detalhadas sobre a natureza da cor das amostras. As linhagens, exceto a 1, apresentaram curvas similares a do controle de *T. aestivum* L. (C1). A linhagem 1 foi a que apresentou curva mais próxima às dos controles de *T. durum* L. (C2 e C3). Estes se caracterizaram por valores de reflectância mais baixos do que os outros na faixa de 360 a 520 nm.

A farinha de *T. durum* L., em geral, é preferida para a produção de massas alimentícias por apresentar cor amarela, clara e brilhante (MATSUO, 1988).

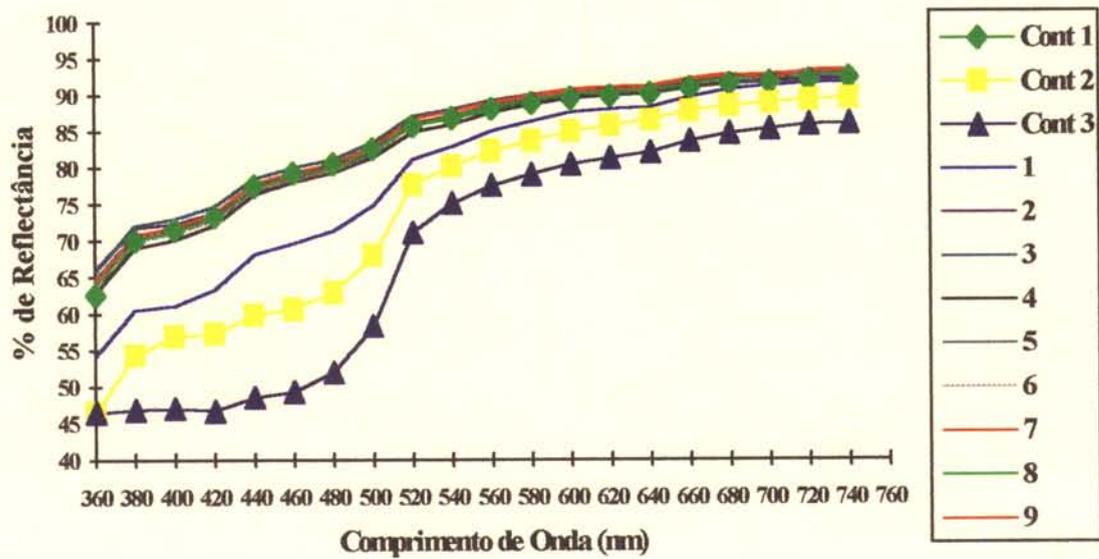


Figura 3: Curvas espectrais das farinhas.

2.2 - Análises Reológicas

Considerando-se que as análises reológicas são úteis na obtenção de dados objetivos sobre as propriedades das massas sob condições mecânicas, permitindo prever a qualidade do produto final, a avaliação das características reológicas das farinhas, neste estudo, foram realizadas através do uso do Farinógrafo, Extensógrafo e Falling Number.

A determinação das propriedades farinográficas visa avaliar o comportamento da massa que está sendo desenvolvida a partir da mistura de farinha e água, medindo, além da porcentagem de absorção de água pela farinha, a resistência da massa à mistura com o tempo, dando uma noção da força da farinha analisada.

A avaliação das propriedades extensográficas possibilita a determinação das características de extensibilidade e elasticidade da massa, dando uma noção de sua força e de seu comportamento durante a fermentação, além da maior ou menor facilidade de extrusão de massas (VENKATESWARA RAO & HARIDAS RAO, 1993).

2.2.1 - Propriedades de Hidratação e Mistura

Os perfis farinográficos das amostras, realizados a absorção fixa de 31,5% podem ser visualizados na Figura 4.

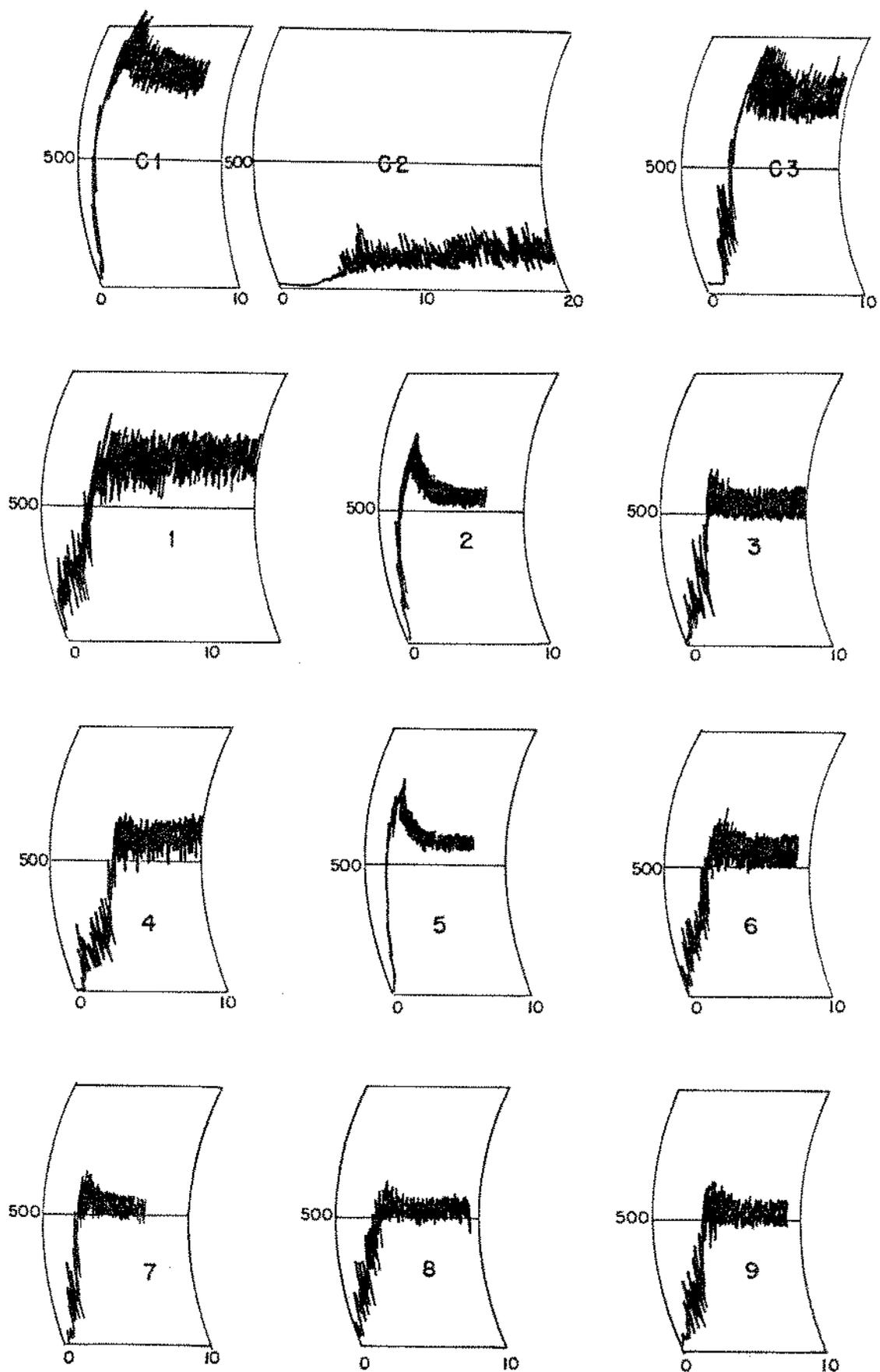


Figura 4: Perfis farinográficos das farinhas das amostras

As porcentagens de absorção de água dos farinogramas das amostras à consistência de 500 UF e os respectivos valores correspondentes aos parâmetros farinográficos (tempo de desenvolvimento, largura da banda, índice de tolerância à mistura e consistência máxima) à absorção fixa de 31,5%, são apresentados na Tabela 5.

O controle *T. durum L.* (C2) apresentou o maior valor de absorção de água a 500 UF (62,6%) em relação às outras amostras. Nesta amostra, não foi possível fazer a leitura dos parâmetros farinográficos à absorção fixa de 31,5%, porque esta absorção foi baixa e insuficiente para a formação de uma massa coesa. Foram considerados para fins de comparação somente os parâmetros farinográficos do controle de *T. durum L.* (C3).

Os valores de absorção de água das linhagens foram considerados relativamente baixos, os quais foram normalmente encontrados em farinhas recomendadas para a produção de bolos e biscoitos, conforme os critérios de qualidade estabelecidos por MAILHOT & PATTON (1988). As absorções de água dos controles de *T. durum L.* (C2 e C3) foram superiores aos das linhagens. Alguns pesquisadores observaram que, em geral, a absorção de água de amostras de *T. durum L.* foi maior que a de *T. aestivum L.*, o que pode ser atribuído ao maior conteúdo de amido danificado do *T. durum L.* (BAKHSI & BAINS, 1987; BOYACIOGLU & D'APPOLONIA, 1994).

Tabela 5 - Parâmetros Farinográficos das Farinhas

Amostra	Abs. de água a 500 UF (%)	Tempo de desenv. ¹ (Min)	Larg. da Banda ¹ (UF)	Índice de Tolerância ¹ (UF)	Consistência Máxima ¹ (UF)
C 1	61,5	2,0	140	170	1060
C 2	62,6	nd	nd	nd	nd
C 3	56,0	4,0	160	85	950
1	54,9	5,7	170	20	770
2	54,5	2,0	70	200	790
3	52,9	3,7	110	70	660
4	51,6	5,0	120	30	660
5	54,7	2,2	60	200	790
6	51,2	4,5	110	60	670
7	51,4	3,0	80	110	670
8	52,8	4,0	80	60	620
9	50,8	4,0	100	70	640

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L.; C3: controle (farinha de *T. durum* L. canadense), 1à 9: linhagens estudadas.

1 - Absorção de água de 31,5%.

nd = não determinado.

Os valores de tempo de desenvolvimento das linhagens (2,0 a 5,7 min), com exceção das amostras 2 e 5, estão dentro da faixa citada (2,5 a 8,25 min) por DEXTER & MATSUO (1980) para amostras de *T. durum L.*, sendo que as linhagens 1 e 4 apresentaram os maiores valores (Figura 5). Foi observada uma correlação negativa, ($r = -0,767$) ao nível de 5% de significância, entre tempo de desenvolvimento e conteúdo protéico das amostras, o que concordou com outros trabalhos (RAHIM *et al.*, 1976; DEXTER & MATSUO, 1980), que associaram baixo tempo de desenvolvimento com elevado conteúdo protéico, em amostras de *T. durum L.*.

As amostras 1 e 4 apresentaram, respectivamente, os mais altos valores de largura da banda (170 e 120 UF) e os mais baixos índices de tolerância (20 e 30 UF) (Figura 5). Alguns autores observaram que a largura da banda correlaciona melhor com a qualidade de cozimento de massas alimentícias do que os outros parâmetros farinográficos (DEXTER & MATSUO, 1980; MATSUO *et al.*, 1982). Os índices de tolerância das linhagens, com exceção de 1, 2 e 5, estão dentro da faixa observada (40 a 180 UF) por DEXTER & MATSUO (1980) para amostras de *T. durum L.*.

Com relação à consistência máxima, as linhagens apresentaram valores entre 620 e 670 UF, exceto as amostras 1, 2 e 5, que apresentaram valores superiores, entre 770 e 790 UF. Neste estudo, foi observado uma correlação positiva ($r = 0,690$), ao nível de 5% de significância, entre o conteúdo protéico e a consistência máxima, o que está de acordo com os resultados obtidos por RAHIM *et al.* (1976).

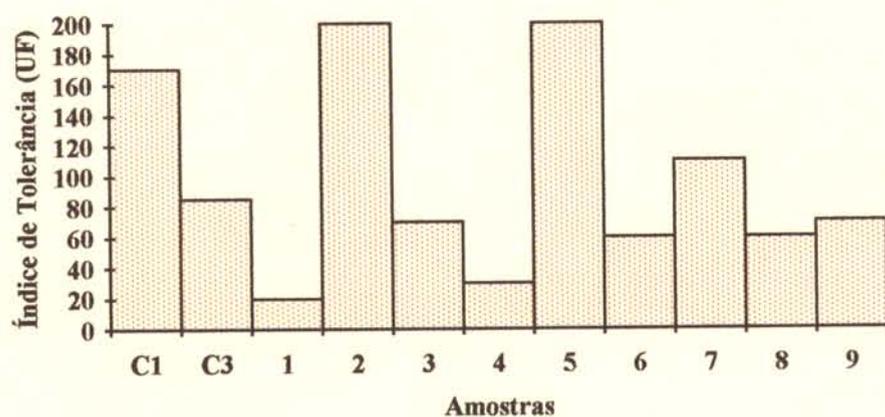
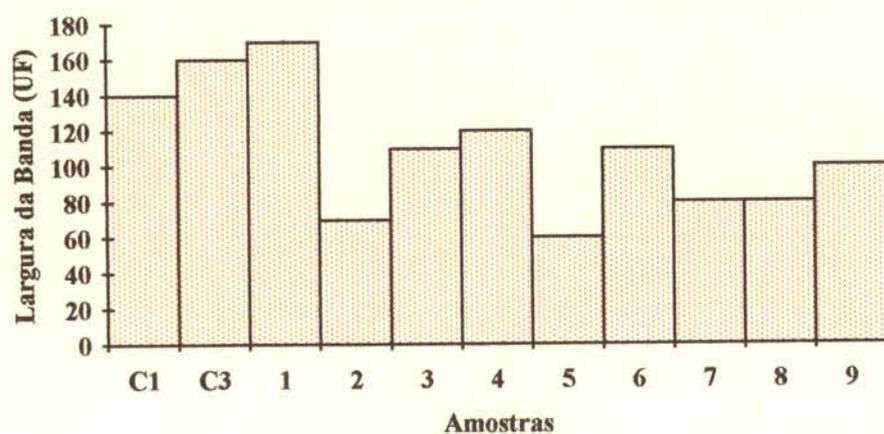
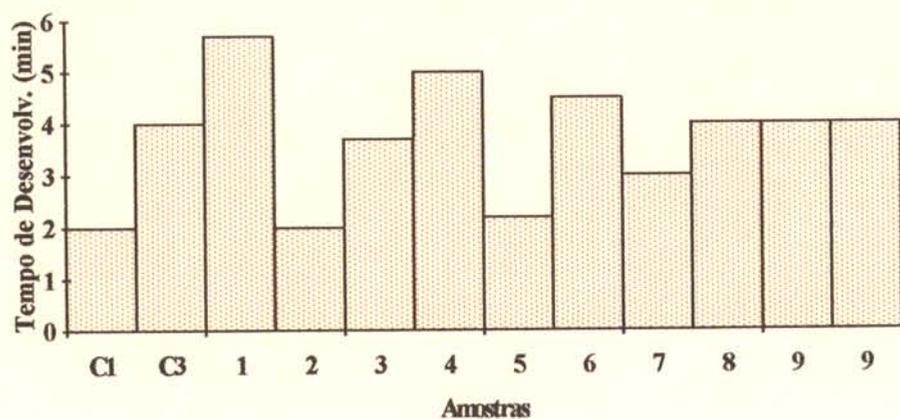


Figura 5: Parâmetros farinográficos (Tempo de desenv., larg. da banda, índice de tol. à mistura) das amostras (Controles *T. aestivum* C1 e *T. durum* canad. C3 e linhagens 1 a 9) à absorção de 31,5%.

Foi observada uma correlação positiva ($r=0,853$), ao nível de 1% de significância, entre o índice de tolerância à mistura e o conteúdo protéico das farinhas das amostras. As linhagens 2, 5 e 7 que tiveram os maiores conteúdos de proteína, apresentaram os maiores índices de tolerância à mistura, o que também foi observado por DEXTER & MATSUO (1977a). Alguns autores mostraram que amostras de *T. durum L.* adequadas a produção de massas alimentícias, em geral, apresentaram glúten mais extensíveis e menos elásticos que os glúten de farinhas para pão, o que se reflete em massas com maior índice de tolerância (RAHIM *et al*, 1976; BOYACIOGLU & D'APPOLONIA, 1994). No entanto, segundo DEXTER *et al* (1981b), glúten de amostras de *T. durum L.* de força média-forte parecem ser preferíveis para a produção de massas alimentícias, o que se reflete em farinogramas com tempos de desenvolvimento razoavelmente elevados e índices de tolerância razoavelmente baixos, características estas similares às encontradas para as linhagens 1 e 4.

2.2.2 - Propriedades de Extensão

Os perfis extensigráficos das amostras relativos aos tempos de descanso de 135 minutos são encontrados na Figura 6. Os valores dos parâmetros extensigráficos correspondentes aos tempos de descanso de 45, 90 e 135 minutos são apresentados na Tabela 6.

As amostras 1, 4 e 8 apresentaram os maiores valores de resistência à extensão e resistência máxima, enquanto as amostras 2 e 5 foram as menos elásticas (Figura 7).

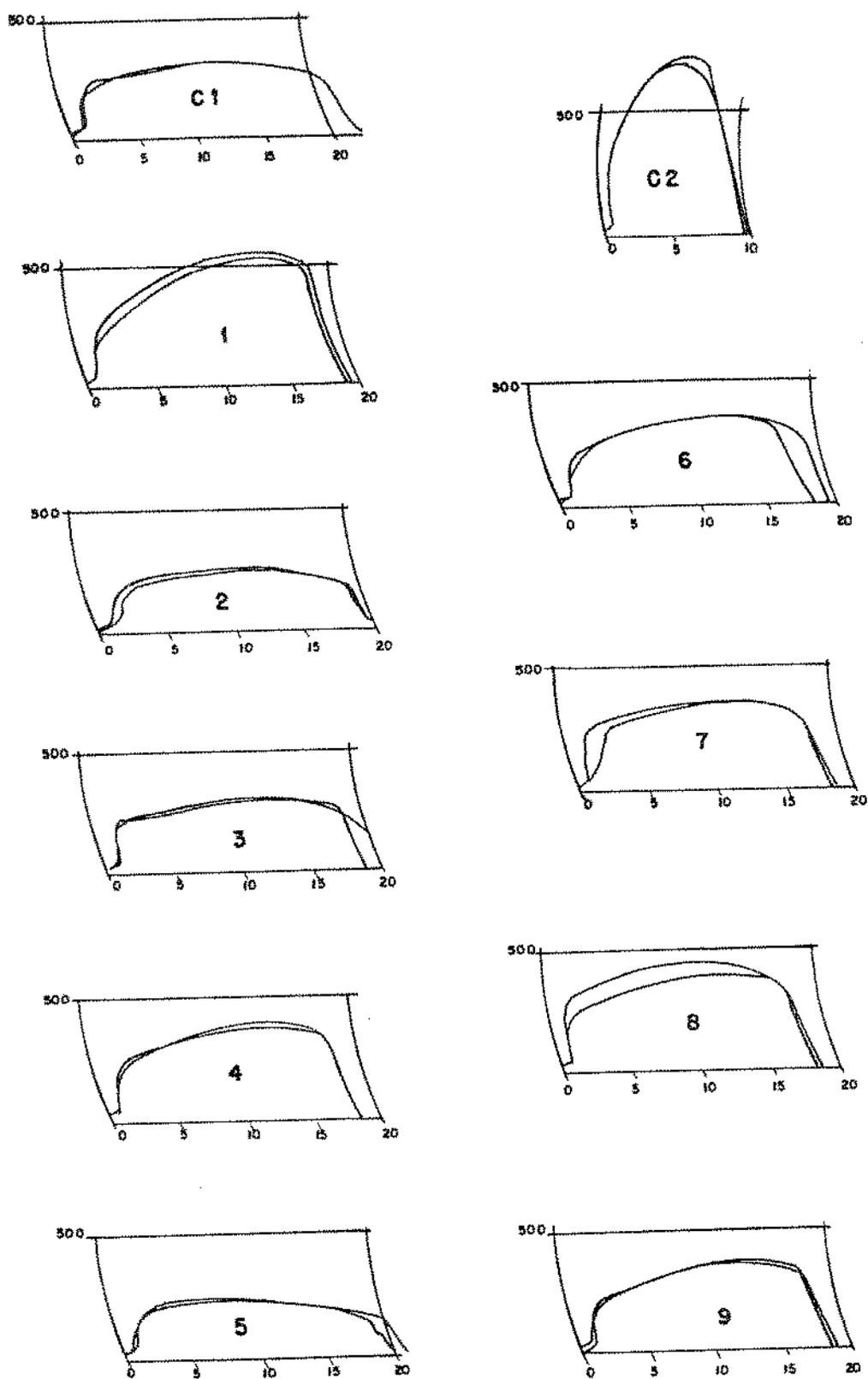


Figura 6: Perfis extensigráficos das farinhas das amostras

Tabela 6 - Parâmetros Extensigráficos das Farinhas

Amostra	Resist. à extensão (U.E.)			Resist. máxima (U. E.)			Extensibilidade (mm)		
	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min
C 1	235	240	270	300	290	315	209	196	211
C 2	455	555	620	495	630	700	120	109	117
1	340	350	350	500	500	530	201	182	195
2	220	215	220	260	245	250	205	225	201
3	240	270	265	305	310	335	197	198	197
4	275	290	305	370	395	400	189	191	186
5	180	220	235	210	240	250	210	209	205
6	265	265	278	350	360	360	197	199	192
7	290	280	300	370	370	370	201	202	186
8	310	315	340	390	410	430	186	189	188
9	270	270	270	345	375	375	195	194	190

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L.. 1à 9: linhagens estudadas.

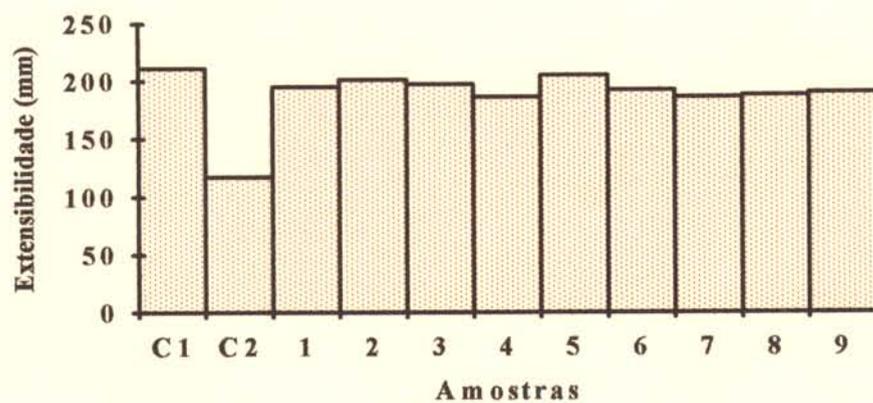
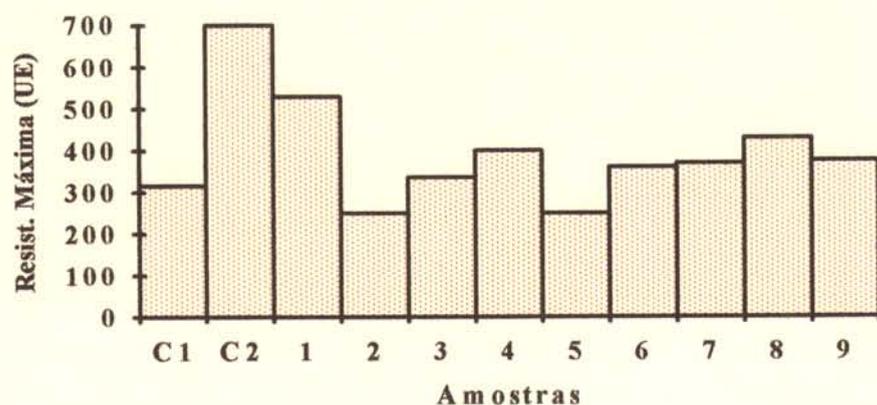
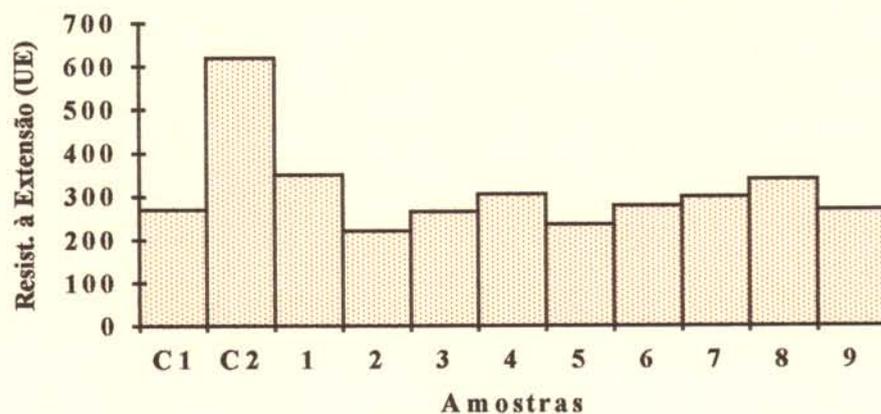


Figura 7: Parâmetros Extensigráficos (Resist. à Extensão, Resistência Máxima e Extensibilidade) das amostras (Controles *T. aestivum* C1 e *T. durum* C2 e linhagens 1 a 9).

As linhagens 5, 2, 3 e 1 apresentaram valores de extensibilidade ligeiramente superiores. Em geral, farinhas de *T. durum L.* apresentam maiores valores de extensibilidade e menores de resistência à extensão que farinhas de trigo para pão (BOYACIOGLU & D'APPOLONIA, 1994). A extensibilidade do controle *T. durum L.* (C2) foi de 117 mm, o que representou um valor muito inferior em relação às demais amostras.

Considerando os parâmetros de elasticidade e extensibilidade as amostras 1, 8 e 4 apresentaram glúten mais fortes em relação às outras linhagens. Resultados contrários foram encontrados para as amostras 2 e 5.

2.2.3 - Número de Queda

O Número de Queda consiste de um método de determinação da atividade de α -amilase (RASPER, 1991).

A Tabela 7 mostra que os valores das linhagens variaram de 349 a 375 segundos (14% de umidade), indicando baixa atividade amilolítica no trigo. Estes resultados concordaram com os valores médios de amostras de *T. durum L.* (350-400 s), citados por DICK & YOUNGS (1988). Valores muito baixos de número de queda são indicativos de trigos com problemas de germinação no cultivo e/ou no armazenamento (KRUGER & REED, 1988). Segundo DONNELLY (1980), valores de número de queda de 120 segundos, ou menos, resultam em massa alimentícia com tendência a trincas e quebras durante o armazenamento.

Tabela 7 - Numero de Queda

Amostra	Tempo (s)
C 1	342
C 2	391
C 3	395
1	375
2	364
3	352
4	357
5	363
6	353
7	353
8	354
9	349

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.;
C2: controle *T. durum* L., 1 à 9:
linhagens estudadas.

3 - Avaliação da Qualidade das Massas Alimentícias

Foi observado que no processo de mistura e extrusão das massas, as amostras tiveram comportamentos distintos. As amostras 1 e 9 e, principalmente, os controles de *T. durum L.* (C2 e C3), foram mais facilmente extrudadas, produzindo fios de espaguete mais soltos e de fácil manipulação. Ao contrário, as demais amostras apresentaram pegajosidade, notadamente as amostras 2 e 6 e o controle *T. aestivum L.* (C1), que produziram espaguete com maior pegajosidade. Este último exigiu cuidados especiais para evitar adesão dos fios após a extrusão até o início da secagem.

A qualidade do espaguete foi avaliada pelos testes de cor e cozimento.

3.1 - Cor

A Tabela 8 mostra os valores de L^* , a^* e b^* das amostras, os quais estão representados na Figura 1.

A luminosidade L^* das linhagens variou de 52,19 a 56,94 (Figura 8). Estes valores foram inferiores ao citado (64,6) por ABECASSIS *et al* (1994) para semolina comercial de *T. durum L.*. A luminosidade do controle *T. durum L.* (C2) apresentou valor relativamente baixo, o que pode ser devido a maior porcentagem de cinzas de sua farinha, o que também foi encontrado por OLIVER *et al* (1992). As linhagens não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 1%, dos controles *T. aestivum L.* (C1) e *T. durum L.* canadense (C3). Porém, as amostras 1, 3, 6, 7 e 8 apresentaram os mais altos valores de L^* , os quais diferiram, ao nível de 1% de significância, do controle de *T. durum L.* (C2).

Tabela 8 - Parâmetros de Cor das Amostras de Espaguete

Amostra	L* ¹	a* ¹	b* ¹	Comp. de Onda Domin. (nm)	Pureza (%)
C 1	53,17 a,b,c,d	4,52 c	23,79 c,d,e	579,0	40
C 2	51,45 d	5,65 b	28,57 b	579,0	44
C 3	55,37 a,b,c,d	3,40 d	41,55 a	577,7	64
1	56,35 a,b	4,47 c	24,70 c,d	579,0	40
2	52,19 c,d	4,63 c	23,05 d,e	579,0	40
3	55,53 a,b,c	3,83 d	22,11 e	577,7	36
4	52,90 b,c,d	6,51 a	23,75 c,d,e	579,0	40
5	54,07 a,b,c,d	4,56 c	22,91 e	579,0	40
6	56,26 a,b	4,39 c	23,23 d,e	577,7	40
7	56,94 a	5,47 b	23,57 d,e	579,0	40
8	56,32 a,b	5,32 b	23,69 c,d,e	579,0	40
9	55,34 a,b,c,d	4,67 c	25,35 c	579,0	40

(1) Média de três repetições; valores acompanhados de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de 1% de significância.

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L.; C3: controle (farinha de *T. durum* L. canadense), 1 à 9: linhagens estudadas.

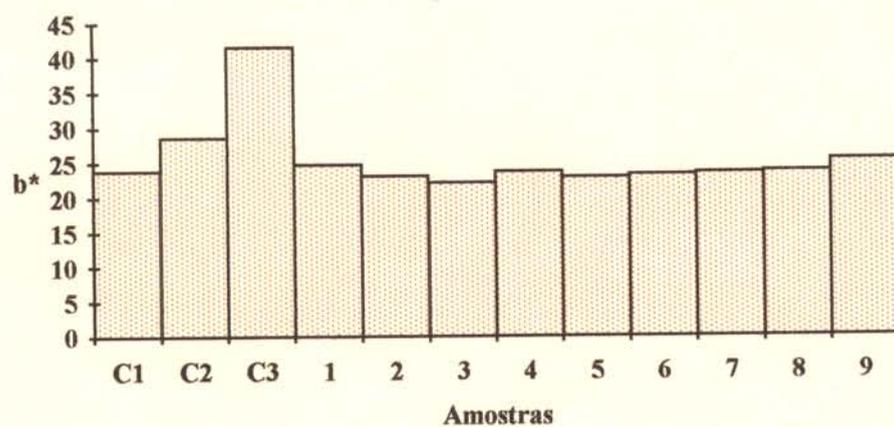
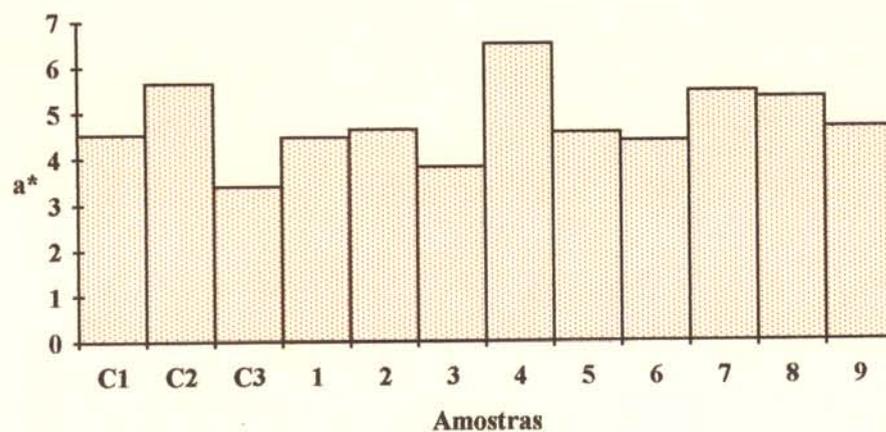
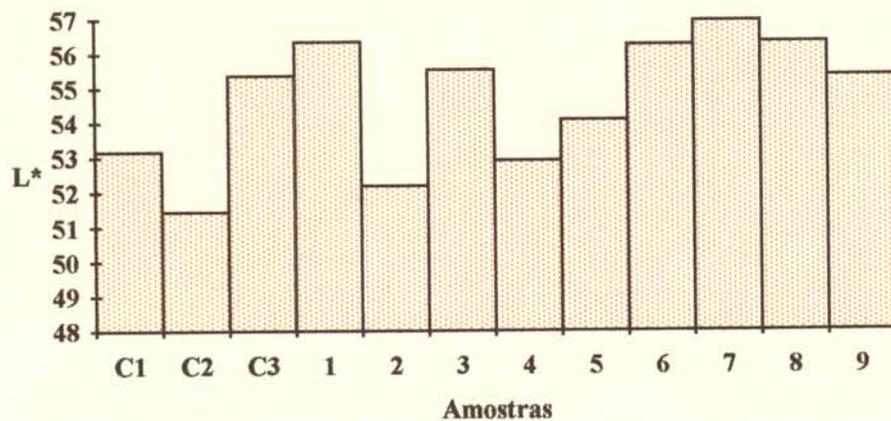


Figura 8: Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das amostras de espagete.

Com relação ao parâmetro a^* , as amostras apresentaram valores na faixa de 3,83 a 6,51 (Figura 8), na qual se encontra o valor citado (5,2) para espaguete de *T. durum* L. (ABECASSIS *et al*, 1994). As amostras 1, 2, 5, 6, 9 e o controle *T. aestivum* L. (C1) não diferiram significativamente entre si, assim como as amostras 7, 8 e o controle *T. durum* L. (C2). A amostra 3 apresentou o menor valor entre as linhagens (3,83) não diferindo do controle *T. durum* L. canadense (C3). A amostra 4 apresentou o maior valor do parâmetro a^* (6,51), o que é indesejável à coloração das massas alimentícias, visto que representa tom avermelhado (DICK & YOUNGS, 1988). Através da observação visual das massas cruas, as amostras 8, 7 e notadamente a 4, apresentaram tonalidade ligeiramente marrom. Esta coloração, segundo MATSUO & IRVINE (1967), pode ser atribuída à característica da variedade de *T. durum* L., à uma reação tipo Maillard, reação enzimática ou ainda por contaminação de farelo.

Quanto ao parâmetro b^* , todas as amostras diferiram, ao nível de 1% de significância, dos controles de *T. durum* L. (C2 e C3), apresentando valores menores que estes e próximos ao do controle de *T. aestivum* L. (C1) (Figura 8). Pode-se observar, através de análise visual, que as amostras 1 e 9 apresentaram tonalidade amarelada ligeiramente superior às demais linhagens. No entanto, o controle *T. durum* L. (C2), e principalmente as linhagens, apresentaram valores muito inferiores aos citados na literatura para espaguete de *T. durum* L., ao contrário do controle *T. durum* L. (C3), que apresentou boa coloração amarela com valor de b^* próximo ao citado (47,4) por ABECASSIS *et al* (1994).

Os comprimentos de onda dominante e pureza de cada amostra estão apresentados na Tabela 8. Com relação ao comprimento de onda dominante, que dá uma indicação da cor da amostra, foi encontrado que os controles C1 e

C2 e todas as linhagens, exceto a 3 e a 6 e o controle de *T. durum L.* (C3), apresentaram comprimento de onda dominante de 579 nm, que está relacionado a uma coloração "brownish". O controle *T. durum L.* (C3) e as linhagens 3 e 6 apresentaram valores de 577,7 nm, correspondente, segundo DEXTER & MATSUO (1977b), à coloração amarelo brilhante desejável às massas alimentícias.

Com relação à pureza, que é uma indicação da intensidade da cor ou croma das massas alimentícias, foram encontradas nas linhagens e no controle *T. aestivum L.* (C1) valores de 40%, com exceção da amostra 3, que apresentou valor de 36%. Todas as amostras, inclusive o controle *T. durum L.* (C2), apresentaram valores de pureza inferiores ao do controle *T. durum L.* canadense C3 (64%), valor similar aos encontrados para espaguete de *T. durum L.* na literatura (DEXTER & MATSUO, 1977b; MATSUO *et al.*, 1982; DEXTER *et al.*, 1987).

As curvas espectrais das amostras de espaguete estão mostradas na Figura 9. Todas as amostras, exceto o controle *T. durum L.* (C3), apresentaram curvas de comportamento semelhante. A porcentagem de reflectância de 400 a 500 nm, para os controles *T. durum L.* (C2 e C3), foi mais baixa que a do restante das amostras, com certa elevação após 500 nm.

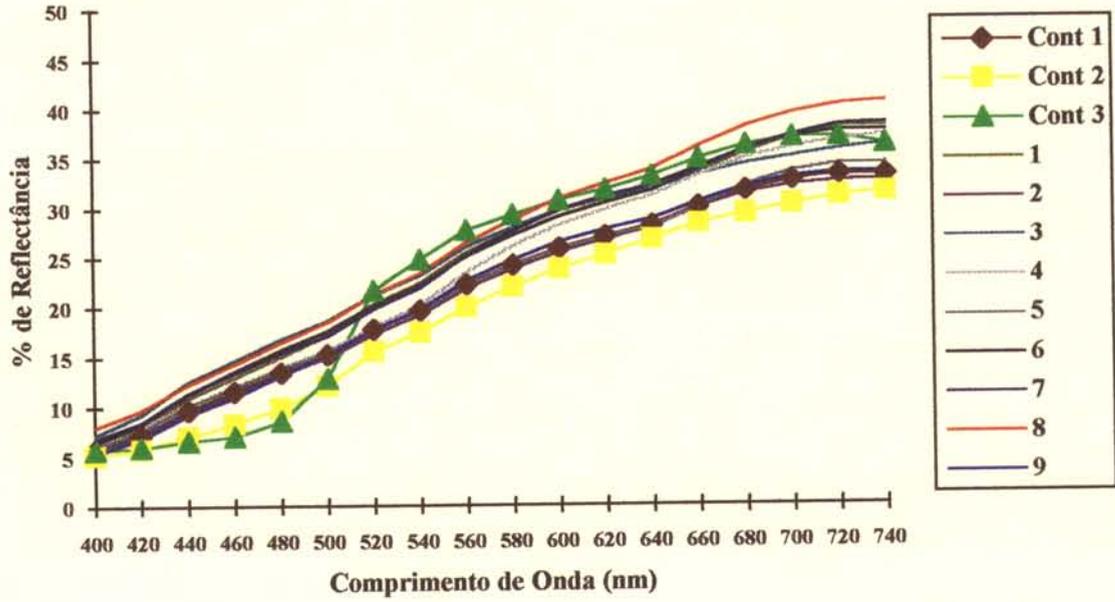


Figura 9: Curvas espectrais das amostras de espaguete.

3.2 - Teste de Cozimento

Os resultados do tempo de cozimento, da firmeza e os valores de aumento de volume, peso após cozimento e resíduo das amostras de espaguete cozidas no tempo ótimo de cada amostra, estão apresentados na Tabela 9.

Os valores de firmeza das massas das linhagens variaram de 279,0 a 365,0 g, sendo que as de maior valor 1, 3, 5, 8 e os controles não diferiram, ao nível de 1% de significância. Maiores valores de firmeza, ou seja, característica "al dente", foi citado como parâmetro de massa alimentícia de boa qualidade de cozimento (GRZYBOWSKI & DONNELLY, 1979; DONNELLY, 1982).

Com relação ao aumento de volume, as linhagens apresentaram valores situados entre 3,00 a 3,35, que estão dentro da faixa recomendada (3 a 4 vezes em relação ao volume da massa crua) para massas alimentícias de boa qualidade (HUMMEL, 1966). As amostras 2, 3, 5, 6, 7 e 9 não diferiram entre si, ao nível de 1% de significância, apresentando os maiores valores.

Quanto ao peso após cozimento, os resultados das linhagens variaram de 24,78 a 26,97 g/10g, os quais foram inferiores, com exceção das linhagens 2, 5, 6, 7, à faixa de 26 a 28 g/10g, encontrada para amostras de *T. durum* L. (MATSUO & DEXTER, 1980a; GRZYBOWSKI & DONNELLY, 1979; DEXTER *et al*, 1983b).

Tabela 9 - Testes de Avaliação da Qualidade de Cozimento

Amostra	Tempo de Cozimento ¹ (min)	Firmeza ² (g)	Aumento de Volume ¹	Peso após Cozimento ¹ (g/10g)	Resíduo ¹ (%)
C 1	12	350,0 a,b	3,14 c,d	25,71 b,c	4,59 h
C 2	10	378,0 a	3,20 b,c	23,97 e	6,70 a
C 3	11	365,0 a	3,00 e	24,63 d,e	6,09 b
1	12	349,3 a,b	3,17 c	25,72 b,c	5,60 c
2	12	299,0 c	3,28 a,b	26,67 a	5,63 c
3	12	349,3 a,b	3,35 a	25,90 b	4,80 g
4	12	279,0 c	3,05 d,e	25,01 c,d	5,46 d
5	11	365,0 a	3,29 a,b	26,91 a	5,17 e
6	13	308,3 b,c	3,31 a	26,97 a	6,06 b
7	13	315,0 b,c	3,31 a	26,95 a	4,93 f
8	12	360,7 a	3,07 d,e	25,14 c,d	6,05 b
9	11	307,3 b,c	3,34 a	24,78 d	5,61 c

(1) Média de três determinações; valores acompanhados de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de 1% de significância.

(2) Média de nove determinações.

Amostras: C1: controle *T. aestivum* L.; C2: controle *T. durum* L.; C3: controle (farinha de *T. durum* L. canadense), 1 à 9: linhagens estudadas.

Os valores de resíduo na água de cozimento das amostras variaram de 4,59 a 7,70%. Os resultados de todas as amostras não excederam o intervalo de 7-8% recomendado por DICK & YOUNGS (1988). No entanto, segundo a classificação apresentada por HUMMEL (1966) as amostras estudadas, exceto os controles *T. durum L.* (C2 e C3) e as linhagens 6 e 8, apresentaram valores abaixo de 6% de resíduo, estabelecido para massas alimentícias de qualidade muito boa. O controle *T. durum L.* (C2) apresentou qualidade média, segundo os mesmos critérios.

O mais elevado valor de resíduo foi encontrado no controle *T. durum L.* (C2), o que possivelmente possa ser justificado pelo maior conteúdo de amido danificado da amostra, considerando-se uma correlação positiva entre as porcentagens de resíduo e de amido danificado obtida por MATSUO & DEXTER (1980a) e KIM *et al* (1986), em amostras de *T. durum L.*. O maior teor de amido danificado apresentado pelo controle *T. durum L.* (C2) se deve, possivelmente, ao maior valor de dureza dos grãos obtido em relação ao das demais linhagens.

No controle *T. aestivum L.* (C1) observou-se a perda de menor quantidade de sólidos do espaguete durante o cozimento e, portanto, redução na porcentagem de resíduos. Este resultado foi provavelmente devido ao maior conteúdo protéico observado nesta variedade, que possibilitou maior retenção do amido, reduzindo sua dispersão na água de cozimento. Uma relação inversa entre perda de sólidos e conteúdo protéico foi anteriormente citada por DEXTER *et al* (1983b). Segundo D'EGIDIO *et al* (1976), a determinação de resíduo na água de cozimento nem sempre se relaciona com a qualidade de cozimento.

3.3 - Avaliação da Qualidade das Massas Alimentícias através da Análise dos Componentes Principais

Os resultados da Análise dos Componentes Principais (ACP), na qual foram consideradas as variáveis aumento de volume, peso após cozimento, porcentagem de resíduo, firmeza, parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , estão apresentados na Tabela 10. Foram obtidos sete componentes principais. Porém, só foram estudados os três primeiros CP's, por apresentarem variação relevante.

O 1º CP correspondeu a 39% da variação total das observações iniciais e atribuiu pesos maiores e próximos para as variáveis resíduo e parâmetro b^* e inversamente para aumento de volume e peso após cozimento. O 2º CP correspondeu a 24% da variação total das observações originais e atribuiu inversamente peso maior para a variável a^* . O 3º CP correspondeu a 12% da variação total das observações originais e foi relacionado principalmente à variável L^* . Portanto, o 1º, 2º e 3º CP's respondem juntos a 75% da variabilidade dos dados.

Tabela 10 - Análise dos Componentes Principais dos Testes de Avaliação da Qualidade das Massas Alimentícias

	Proporção (%)	Aumento de Volume	Peso após cozimento	Resíduo	Firmeza	L*	a*	b*	Autovetor		
Prin 1	39	-0,45	-0,51	0,41	0,31	-0,16	-0,03	0,49			
Prin 2	24	0,12	0,19	-0,14	0,39	0,47	-0,70	0,28			
Prin 3	12	-0,36	0,04	0,14	-0,51	0,72	0,20	0,18			
Total	75	-	-	-	-	-	-	-			

O gráfico plotado do 1º componente principal pelo 2º componente é mostrado na Figura 10.

A ACP permitiu uma nova abordagem dos resultados e uma distribuição sintética das amostras relativa aos testes de qualidade de cozimento do espaguete. Analisando a Figura e observando Prin1, os controles de *T. durum* L. (C2 e C3) superaram as linhagens e o controle *T. aestivum* L. (C1), sendo que as variáveis de maior peso foram resíduo e o parâmetro b*. As linhagens 1, 4 e 8 ficaram entre os controles *T. durum* L. (C2 e C3) e o controle *T. aestivum* L. (C1). Para Prin2, que foi influenciado principalmente pelo parâmetro a*, o controle *T. durum* L. (C3) superou as outras amostras e a linhagem 4 ficou abaixo das mesmas.

A ACP mostrou que as linhagens ficaram distribuídas em áreas próximas ao controle *T. aestivum* L., indicando que as mesmas apresentaram características que se assemelharam mais às do controle *T. aestivum* L. do que às dos controles *T. durum* L..

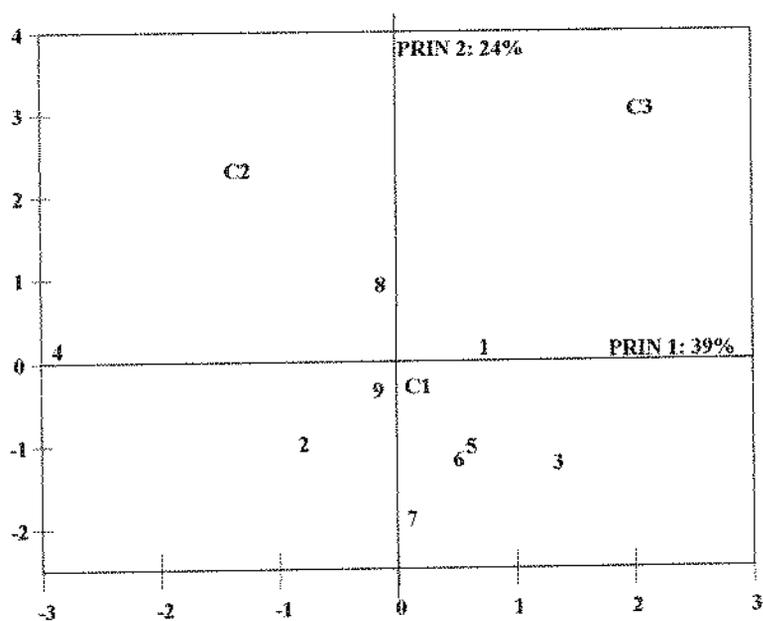


Figura 10: Peso dos Componentes Principais (PRIN 1 e PRIN 2) e distribuição das amostras no plano definido pelos dois componentes.

V - CONCLUSÕES

1 - A avaliação da qualidade dos grãos mostrou que, relativamente às outras linhagens:

- . as linhagens 1 e 5 apresentaram maiores pesos hectolitro e vitreosidade;
- . a linhagem 1 apresentou o maior valor de dureza;
- . as linhagens 4, 6 e 8 apresentaram os mais altos volumes de sedimentação e
- . as linhagens 2, 5 e 7 apresentaram os maiores conteúdos de proteínas relativamente às outras linhagens.

2 - As análises físico-químicas das farinhas mostraram que, relativamente às outras linhagens:

- . as linhagens 2, 5 e 7 tiveram os maiores conteúdos protéicos;
- . as linhagens 1 e 4 apresentaram os maiores teores de cinzas, próximos ao do controle *T. durum L. canadense* e
- . as linhagens 2 e 5 apresentaram maiores porcentagens de glúten úmido e glúten seco.

3 - Com relação a avaliação de cor das farinhas:

- . a linhagem 1 apresentou valores de L*, a* e b* mais próximos aos dos controles *T. durum L.*, em relação às demais linhagens.

4 - Através das análises farinográficas foi observado que:

- . as linhagens 1 e 4 apresentaram os maiores valores de tempo de desenvolvimento e largura da banda e os menores índices de tolerância

à mistura em relação às outras linhagens, sendo o contrário obtido nas linhagens 2, 5 e 7.

Através da análise conjunta dos parâmetros farinográficos, foi concluído que as linhagens 1 e 4 tiveram, em relação às outras linhagens, as melhores características de mistura, indicativas de glúten mais fortes.

5 - A avaliação dos parâmetros extensigráficos mostrou que:

. as linhagens 1, 4 e 8 apresentaram os maiores valores de resistência à extensão e resistência máxima, sendo o contrário obtido nas linhagens 2 e 5. Os resultados dos parâmetros extensigráficos confirmaram que as linhagens 1 e 4 apresentaram características de glúten mais forte que as das outras linhagens.

6 - Considerando-se a avaliação de cor das amostras de espaguete:

. as linhagens 4, 7 e 8 apresentaram os maiores valores do parâmetro a^* , indicativo de tonalidade avermelhada. Através da observação visual das amostras cruas, as linhagens 8, 7 e, notadamente a 4, apresentaram tonalidade ligeiramente marrom e

. com relação ao parâmetro b^* , todas as amostras diferiram, ao nível de 1% de significância, dos controles de *T. durum* L., apresentando valores menores que estes e próximos ao do controle de *T. aestivum* L.. Pode-se observar através de análise visual que as amostras 1 e 9 tiveram tonalidade amarelada ligeiramente superior às demais linhagens.

7 - Através da avaliação da qualidade de cozimento dos espaguetes foi observado que:

- . as linhagens 1, 3, 5 e 8 apresentaram os maiores valores de firmeza, sendo o contrário observado nas linhagens 2 e 4;
- . as linhagens 2, 5, 6 e 7 tiveram os maiores valores de peso após cozimento e
- . as linhagens, exceto a 6 e a 8, e os controles *T. durum L.* apresentaram os menores valores de resíduo da água de cozimento, característicos de massas alimentícias de boa qualidade.

8 - A Análise dos Componentes Principais dos resultados obtidos na avaliação da qualidade das massas alimentícias mostrou que as linhagens ficaram distribuídas em áreas próximas ao controle *T. aestivum L.*, indicando que as mesmas apresentaram características que se assemelharam mais as do controle *T. aestivum L.* do que as dos controles *T. durum L.*.

9 - A análise geral dos parâmetros estudados permitiu destacar linhagens por apresentarem maior força de glúten (linhagens 1, 4 e 8), tonalidade amarelada da farinha (linhagem 1) e boa característica de firmeza (linhagens 8 e 1), características desejáveis para a produção de massas alimentícias de boa qualidade. Essas linhagens poderiam ser usadas em novos cruzamentos, visto que já foram selecionadas agronomicamente e, portanto, serem utilizadas para dar continuidade aos trabalhos de melhoramento genético para obtenção de cultivares adequados para a produção de massas alimentícias.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECASSIS, J.; ABBOU, R.; CHAURAND, M.; MOREL, M. H.; VERMOUX, P. Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pasta quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 71, n. 3, p. 247-253, 1994.
- ALARY, R.; ABECASSIS, J. KOBREHEL, K.; FEILLET, R. Influenza dell'acqua di cottura e del suo pH sulle caratteristiche della pasta alimentare. **Tecnica Molitoria**, Pinerolo, v. 31, n. 10, p. 776-783, 1980.
- Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (AACC). 8 ed. Saint Paul: 1983. v.1-2.
- ANJUM, F. M.; WALKER, C. E. Review on the significance of starch and protein to wheat kernel hardness. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 56, n. 1, p. 1-13, 1991.
- ANTOGNELLI, C. The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient: a review. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 15, n. 2, p. 125-145, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO (ABIA) **Compêndio da legislação de alimentos: consolidação das normas e padrões de alimentos**. 5.rev. São Paulo, 1992. v.1-A.

- AUTRAN, J. C.; ABECASSIS, J.; FEILLET, P. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 63, n. 5, p. 390-394, 1986.
- AXFORD, D. W. E.; McDERMOTT, E. E.; REDMAN, D. G. Small-scale tests of bread-making quality. **Milling Feed and Fertiliser**, Herts, v. 161, n. 5, p. 18-20, 1978.
- BAKHSI, A. K.; BAINS, G. S. Study of the physico-chemical, rheological, baking and noodle quality of improved durum and bread wheat cultivars. **Journal of Food Science and Technology**, India, v. 24, n. 5, p. 217-221, 1987.
- BANASIK, O. J. Pasta processing. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 26, n. 4, p. 167-169, 1981.
- BASS, E. J. Wheat flour milling. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p.1-68.
- BIZZARRI, O.; MORELLI, A. Milling of durum wheat. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C.,. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p.161-189.

- BLANCO, A.; DE PACE C.; PORCEDDU, E.; SCARASCIA MUGNOZZA, G. T. Genetics and breeding of durum wheat in Europe. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C., ed. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p.17-45.
- BLOKSMA, A. H.; BUSHUK, W. Rheology and chemistry of dough. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists,, 1988. p. 131-217. v. 2.
- BOYACIOGLU, M. H.; D'APPOLONIA, B. L. Characterization and utilization od durum wheat for breadmaking.I. Comparison of chemical, rheological, and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 71, n. 1, p. 21-28, 1994.
- BOYACIOGLU, M. H.; DICK, J. W.; D'APPOLONIA, B. L. A comparison of the Chopin- Dubois and modified Buhler durum wheat laboratory mills. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 36, n. 10, p. 893-896, 1991.
- BOZZINI, A. Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C. ed. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p. 1-16.
- BRASIL. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do trigo**. Porto Alegre: Emater/RS, 1994. 11p.

- CAMARGO, C. E. de O. Trigo. In: FURLAN, A. M. C., ed. **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico de Campinas**. São Paulo: 1993. p.433-488.
- CAMARGO, C. E. de O.; CAMARGO, C. R. O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; SANTOS, R. R. dos; DECOT, G. Avaliação das características agronômicas e tecnológicas de genótipos de trigo duro, trigo e tritcale. **Boletim Científico do Instituto Agronômico**, Campinas, n.29, 27 p. 1993.
- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C. Melhoramento genético do trigo no Instituto Agronômico. **O Agrônomo**, Campinas, v. 38, n. 3, p. 213-227, 1986.
- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; BARROS, B. de C.; FREITAS, J. G.de; PETTINELLI JUNIOR, A.; GALLO, P. B.; KANTHACK, R. A. D. Melhoramento do trigo: XXV. Avaliação de genótipos oriundos de populações híbridas introduzidas de Oregon (EUA) no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 2, p. 225-246, 1991.
- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; GALLO, P. B.; PETTINELLI JUNIOR, A.; SANTOS, R. R. dos; SABINO, J. C. Melhoramento do trigo. XXIX. Avaliação de linhagens da espécie *Triticum durum* L. no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p.67-79, 1995a.

- CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; PETTINELLI JUNIOR, A.; CASTRO, J. L. de. Melhoramento do trigo: XXVIII. Novos genótipos obtidos por seleções em população segregante interespecífica submetida a irradiação gama. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p.51-65, 1995b.
- CAMARGO, C. E. de O.; SANTOS, R. R. dos; PETTINELLI JUNIOR, A. Trigo duro: tolerância à toxicidade do alumínio em soluções nutritivas e no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 1, p.69-76, 1992.
- CAMARGO, C. E. de O.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FREITAS, J. G. de; PETTINELLI JUNIOR, A.; CASTRO, J. L. de. Avaliação de genótipos de trigos oriundos de cruzamento interespecífico e radiação gama no estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 25-37, 1995c.
- CIACCO, C. F.; CHANG, Y. K. **Tecnologia de massas alimentícias**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 187p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 08).
- CUBADDA, R. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in Europe. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C., ed. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p. 217-228.

- D'EGIDIO, M. G.; DE STEFANIS, E.; FORTINI, S.; GALTERIO, G.; NARDI, S.; SGRULLETTA, D.; BOZZINI, A. Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 27, n. 8, p. 367-368, 1982.
- D'EGIDIO, M. G., DE STEFANIS, E.; FORTINI, S.; NARDI, S.; SGRULLETTA, D. Qualità delle paste alimentari: nuovi risultati e riflessioni. **Tecnica Molitoria**, Pinerolo, v. 36, n. 10, p. 819-820, 1985.
- D'EGIDIO, M. G.; MARIANI, B. M.; NARDI, S.; NOVARO, P. Valutazione della qualità della pasta dopo cottura. **Tecnica Molitoria**, Pinerolo, v. 43, n. 2, p. 123-129, 1992.
- D'EGIDIO, M. G.; MARIANI, B. M.; NARDI, S.; NOVARO, P.; CUBADDA, R. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, n. 3, p. 275-281, 1990.
- D'EGIDIO, M. G.; SGRULLETTA, D.; MARIANI, B. M.; GALTERIO, G.; DE STEFANIS, E.; FORTINI, S. Metodo per la misura della collosità e della qualità nelle paste alimentari. **Tecnica Molitoria**, Pinerolo, v. 26, n. 11, p. 89-93, 1976.
- DEXTER, J. E.; BLACK, H. C.; MATSUO, R. R. An improved method for milling semolina in the Buhler Laboratory Mill and a comparison to the Allis-Chalmers Laboratory Mill. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, Ottawa, v. 15, n. 3, p. 225-228, 1982.

- DEXTER, J. E., DRONZEK, B. L.; MATSUO, R. R. Scanning electron microscopy of cooked spaghetti. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 1, p. 23-30, 1978.
- DEXTER, J. E.; KILBORN, R. H.; MORGAN, B. C.; MATSUO, R. R. Grain Research Laboratory Compression Tester: instrumental measurement of cooked spaghetti stickiness. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 60, n. 2, p. 139-142, 1983.
- DEXTER, J. E.; MARTIN, D. G.; MATSUO, R. R. The effect of roll flute orientation on durum wheat semolina quality. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 21, n. 2, p. 187-193, 1988.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R. Effect of semolina extraction rate on semolina characteristics and spaghetti quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 6, p. 841-852, 1978a.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R. Influence of protein content on some durum wheat quality parameters. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 57, n. 3, p. 717-727, 1977a.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R. Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Santa Monica, v. 28, n. 5, p. 899-902, 1980.

- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R. The effect of gluten proteins fractions on pasta dough rheology and spaghetti-making quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 1, p. 44-57, 1978b.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R. The spaghetti-making quality of developing durum wheats. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 57, n. 1, p. 7-16, 1977b.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; KOSMOLAK, F. G.; LEISLE, D. MARCHYLO. B. A. The suitability of the SDS-sedimentation test for assessing gluten strength in durum wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 60, n. 1, p. 25-29, 1980.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; KRUGER, J. E. The spaghetti-making quality of commercial durum wheat samples with variable α -amylase activity. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, n. 5, p. 405-412, 1990.
- DEXTER, J. E., MATSUO, R. R.; MacGREGOR, A. W. Relationship of instrumental assessment of spaghetti cooking quality to the type and the amount of material rinsed from cooked spaghetti. **Journal of Cereal Science**, London, v. 3, n. 1, p. 39-53, 1985.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; MARTIN, D. G. The relationship of durum wheat test weight to milling performance and spaghetti quality. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 32, n. 10, p. 772-777, 1987.

- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; MORGAN, B. C. High temperature drying: effect on spaghetti properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 6, p. 1741-1746, 1981a.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; MORGAN, B. C. Spaghetti stickiness: some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 5, p. 1545-1551, 1559, 1983b.
- DEXTER, J. E.; MATSUO, R. R.; PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H. Comparison of gluten strength, mixing properties, baking quality and spaghetti quality of some canadian durum and common wheats. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, Ottawa, v. 14, n. 2, p. 108-111, 1981b.
- DICK, J. W. Rheology of durum. In: FARIDI, H. ed.. **Rheology of wheat products**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 219-240.
- DICK, J. W.; MATSUO, R. R. Durum wheat and pasta products. In: POMERANZ, Y., ed **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988V.2, 1988. v.2, p.507-547.
- DICK, J.W.; QUICK, J. S. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 60, n. 4, p. 315-318, 1983.

- DICK, J. W.; YOUNGS, V. L. Evaluation of durum wheat, semolina, and pasta in the United States. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C. ed. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p.237-248.
- DONNELLY, B. J. Pasta products: raw material, technology, evaluation. **Macaroni Journal**, Minneapolis, v. 61, n. 1, p. 6-7,10,12,14-15,18, 1979.
- DONNELLY, B. J. Effect of sprout damage on durum what quality. **Macaroni Journal**, Minneapolis, v. 62, n. 7, p. 8-14, 1980.
- DONNELLY, B. J. Pasta: raw materials and processing. In: LORENZ, K. L.; KULP, K. **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.763-792.
- DONNELLY, B. J. Teflon and non-teflon lined dies: effect on spaghetti quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 4, p. 1055-1058, 1069, 1982.
- EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. R. O.; DIAZ, N. M. Farinha de trigo. In: **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p. 41-65 (Série Tecnologia Agroindustrial, 06)
- FERREIRA, V. L. P. **Colorimetria em alimentos**. Campinas: ITAL, 1991. 43p.

- FRANCIS, J. F.; CLYDESDALE, F. M. **Food colorimetry: theory and applications**. Westport: AVI, 1975. 477 p.
- GLENN, G. M.; YOUNCE, F. L.; PITTS, M. J. Fundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. **Journal of Cereal Science**, London, v. 13. n. 2, p. 179-194, 1991.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1987. 467 p.
- GREENWAY, W. T; SCHOFIELD, J. D. A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 63, n. , p. 379-380, 1986.
- GRZYBOWSKI, R. A.; DONNELLY, B. J. Cooking properties of spaghetti: factors affecting cooking quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Santa Monica, v. 27, n. 2, p. 380-384, 1979.
- GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1993. 27 p.
- HEILMAN, R. G., WILSON, W. W. Durum marketing. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C., ed. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p.303-316.

- HEVIA, F. H.; TOLLENAAR, H. G.; VILLEGAS, R. F. Evaluation de los metodos que utilizam sulfato de dodecil de sodio (SDS) para determinar calidad panadera del trigo. *Agrosur*, v. 13, n. 1, p. 27-32, 1985.
- HOSENEY, R. C. Pasta and noodles. In: **Principles of cereal science and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 277-291.
- HOSENEY, R. C.; WADE, P.; FINLEY, J. W. Soft wheat products. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. v.2, p. 407-456.
- HUMMEL, C. **Macaroni products**. London: Food Trade Press, 1966. 287 p.
- HSIEH, C. C.; MACDONALD, C. E. Isolation of lipoxygenase isoenzymes from flour of durum wheat endosperm. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 61, n. 5, p.392-398, 1984.
- IRVINE, G. N. Durum wheat and paste products. In: POMERANZ, Y. ed. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1978. p. 777-798.
- IRVINE, G. N.; BRADLEY, J. W.; MARTIN, G. C. A farinograph technique for macaroni doughs. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v. 38, n. 2, p. 153-164, 1961.

- JOHNSTON, R. A.; QUICK, J. S.; DONNELLY, B. J. Note on comparison of pigment extraction and reflectance colorimeter methods for evaluating semolina color. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 57, n. 6, p. 447-448, 1980.
- KATHURIA, D. K.; SIDHU, J. S. Indian durum wheat. I. Effect of conditioning treatments on the milling quality and composition of semolina. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 61, n. 5, p. 460-462, 1984.
- KIM, H. I., SEIB, P. A.; POSNER, E.; DEYOE, C. W.; YANG, H. C. Milling hard red winter wheat to farinha: comparison of cooking quality and color of farina and semolina spaghetti. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 31, n. 11, p. 810-819, 1986.
- KOBREHEL, K.; LAIGNELET, B.; FEILLET, P. Study of some factors of macaroni brownness. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 51, n. 5, p. 675-684, 1974.
- KOHLI, M. M.; CAMARGO, C. E. O.; FRANCO, F. An analysis of the progress made in Brazil in breeding wheat for acid soils. In: TANNER, D. G., ed. **Developing sustainable wheat production systems; the eighth regional wheat workshop for Eastern, Central and Southern Africa**. Addis Ababa, Ethiopia: CIMMYT, 1994. p.68-98.
- KRUGER, J. E.; REED, G. Enzymes and color. In: POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. p. 441-500, v.1.

- LAGOS, M. B.; FERNADES, M. I. M.; CAMARGO, C. E. O.; VEDERIZZI, L. C.; CARVALHO, F. I. F. Genetics monosomic analyses of the aluminum tolerance in wheat (*T. aestivum*). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 4, p. 1011-1020, 1991.
- LEITÃO, R. F. F.; VITTI, P.; GARCIA, E. E. C.; LEITÃO, M. F. F. **Tecnologia de massas alimentícias e biscoitos**: manual técnico. Campinas: ITAL, 1987. 34p.
- MABON, T. J. Color measurement of food. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 38, n. 1, p. 21-25, 1993.
- MACDONALD, C. E. Lipoxigenase and lutein bleaching activity of durum wheat semolina. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 5, n. 2, p. 84-89, 1979.
- MAILHOT, W. C.; PATTON, J. C. Criteria of flour quality. In: POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul; American Association of Cereal Chemists, 1988. p.69-90.
- MALCOLMSON, L. J.; MATSUO, R. R.; BALSHAW, R. Textural optimization of spaghetti using response surface methodology: effects of drying temperature and durum protein level. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 4, p. 405-411, 1993.

- MATSUO, R. R. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in Canada. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C., ed. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1988. p. 249-261.
- MATSUO, R. R. The effect of enzymes on pasta and noodle products. In: KRUGER, J. E.; LINEBACK, D.; STAUFFER, C. E., ed. **Enzymes and their role in cereal technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1987. p.325-334.
- MATSUO, R. R.; BRADLEY, J. W.; IRVINE, G. N. Effect of protein content on the cooking quality of spaghetti. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 49, n. 6, p. 707-711, 1972.
- MATSUO, R. R.; DEXTER, J. E. Comparison of experimentally milled durum wheat semolina to semolina produced by some Canadian commercial mills. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 57, n. 2, p. 117-122, 1980a.
- MATSUO, R. R.; DEXTER, J. E. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 60, n. 1, p. 49-53, 1980b.
- MATSUO, R. R.; DEXTER, J. E.; KOSMOLAK, F. G.; LEISLE, D. Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 3, p. 222-228, 1982.

- MATSUO, R. R.; IRVINE, G. N. Effect of gluten on the cooking quality of spaghetti. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 47, n. 2, p. 173-180, 1970.
- MATSUO, R. R.; IRVINE, G. N. Macaroni brownness. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 44, n. 1, p. 78-85, 1967.
- MATSUO, R. R.; IRVINE, G. N. Note on an improved apparatus for testing spaghetti tenderness. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 48, n. 5, p. 554-558, 1971.
- MATSUO, R. R.; IRVINE, G. N. Spaghetti tenderness testing apparatus. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 46, n. 1, p. 1-6, 1969.
- MATZ, S. A. Pasta technology. In: **The chemistry and technology of cereals as food and feed**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 451-496.
- MECUCCI, M. L.; SELVATICO, A. Colour indices of pasta and durum wheat semolina. **Tecnica Molitoria**, Pinerolo, v. 43, n. 4, p. 267-271, 1992.
- OH, N. H.; SEIB, P. A.; DEYOE, C. W.; WARD, A. B. Noodles. II. The surface firmness of cooked noodles from soft and hard wheat flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 62, n. 6, p. 431-436, 1985.
- OLIVER, J. R.; BLAKENEY, A. B.; ALLEN, H. M. Measurement of flour color in color space parameters. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 69, n. 5, p. 546-551, 1992.

- OLIVER, J. R.; BLAKENEY, A. B.; ALLEN, H. M. The colour of flour streams as related to ash and pigment contents. **Journal of Cereal Science**, London, v. 17, n. 2, p. 169-182, 1993.
- ORTH, R. A.; SHELLENBERGER, J. A. Origin, production and utilization of wheat. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. v.1, p. 1-14
- PATTON, J. C; MAILHOT, W. C. Criteria of flour quality. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. v.2, p. 69-90.
- POMERANZ, Y. Grain quality. In: **Modern cereal science and technology**. New York: VCH, 1987. p. 72-150.
- POMERANZ, Y.; WILLIAMS, P. C. Wheat hardness: its genetic, structural and biochemical background, measurement and significance. **Advances in Cereal Science and Technology**, Manhattan, v. 10, p. 471-544, 1990.
- PYLER, E. J. Dough fermentation. In: **Baking science & technology**. Chicago: Sieve Publishing, 1973. v.2, p. 619-650.
- QUICK, J. S.; DONNELLY, B. J. A rapid test for estimating durum wheat gluten quality. **Crop Science**, v.20, n. 6, p. 816-818, 1980.

- RAHIM, A.; PRABHAVATHI, C.; HARIDAS RAO,P.; SHUPPALEKAR, S.
R. Suitability of indian durum wheat for semolina milling and vermicelli preparation. **Journal of Food Science and Technology**, India, v. 13, n. 5, p. 249-252, 1976.
- RASPER, V. F. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: LORENZ, K. J.; KULP, K., ed. **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 595-638.
- SAS. User's guide: statistics. Cary: SAS Institute, 1985.
- STENVERT, N. L.; KINGSWOOD, K. The influence of the physical structure of the protein matrix on wheat hardness. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 28, n. 1, p. 11-19,1977.
- TEXTURE TECHNOLOGIES CORP, TEXTURE ANALYSER APPLICATION STUDY ZITI PASTA (Study nº 48), NY, USA.
- TOEPFER, E. W.; POLANSKY, M. M.; EHEART, J. F.; SLOVER, H. T.; MORRIS, E. R.; HEPBURN, F. N.; QUACKENBUSH, F. W. Nutrient composition of selected wheats products. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.49, n.2, p. 173-186, 1972.
- VENKATESWARA RAO, G.; HARIDAS RAO, P. Methods for determining rheological characteristics of doughs: a critical evaluation. **Journal of Food Science and Technology**, India, v. 30, n. 2, p. 77-87, 1993.

- WALSH, D. E. Measuring spaghetti firmness. **Cereal Science Today**, v. 16, n. 7, p. 202-205, 1971.
- WALSH, D. E.; GILLES, K. A. Macaroni products. In: INGLETT, G. E. **Wheat: production and utilization**. Westport: Avi, 1974. p. 333-354.
- WALSH, D. E.; GILLES, K. A. The influence of protein composition on spaghetti quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 48, n. 5, p. 544-554, 1971.
- WASIK, R. J.; BUSHUK, W. Relation between molecular-weight distribution of endosperm proteins and spaghetti-making quality of wheats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 52(3, Part I), p. 322-328, 1975.
- WATANABE, E. CIACCO, C. F. Influência do processamento e da cocção na retenção de tiamina, riboflavina e niacina em espaguete. Campinas, 1988. 80 p. Tese (Mestre em Tec. de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.
- WILLIAMS, P. C. The influence of chromosome number and species on wheat hardness. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 63, n.1, p. 56-57, 1986.
- WYLAND, A. R.; D'APPOLONIA, B. L. Influence of drying temperature and farinha blending on spaghetti quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 3, p.199-201, 1982.

YAMAZAKI, W. T.; DONELSON, J. R. Kernel hardness of some U.S. wheats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 60, n. 5, p. 344-350, 1983.