



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE ARROZ PRÉ-GELATINIZADA, CLARA
DE OVO E MONOGLICERÍDEOS NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E NA
QUALIDADE DO MACARRÃO DE ARROZ PRODUZIDO PELO PROCESSO
CONVENCIONAL**

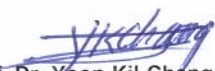
PARECER

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida por
**Rita de Cássia Salvucci Celeste
Ormenese**, aprovada pela
Comissão Julgadora em 10 de junho
de 2002.

Rita de Cássia S. Celeste Ormenese
Engenheira de Alimentos

Campinas, 10 de junho de 2002

Prof. Dr. Yoon Kil Chang
Orientador


Prof. Dr. Yoon Kil Chang
Presidente da Banca

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em
Tecnologia de Alimentos

Campinas – SP
2002

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE 8e
Nº CHAMADA T/UNICAMP
Or5e
V _____ EX _____
TOMBO BC/ 50215
PROC 16.837/02
C _____ DI _____
PREÇO R\$ 11,00
DATA 01/08/02
Nº CPD _____

CM00171165-0

BIB ID 249055

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

Or5e

Ormenese, Rita de Cássia Salvucci Celeste

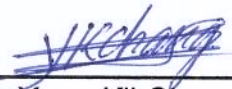
Efeito da adição de farinha de arroz pré-gelatinizada, clara de ovo e monoglicerídeos nas características sensoriais e na qualidade do macarrão de arroz produzido pelo processo convencional / Rita de Cássia Salvucci Celeste Ormenese. – Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Yoon Kil Chang

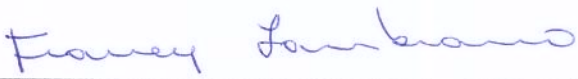
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Alimentos.

I.Massas alimentícias. 2.Arroz. 3.Doença celiaca.
4.Superfície de resposta – Metodologia. I.Chang, Yoon Kil.
II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

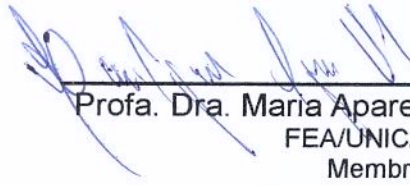
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Yoon Kil Chang
FEA/UNICAMP
Orientador



Dra. Francy Magdalena S. Zambrano Cónsole
ITAL
Membro



Profa. Dra. Maria Aparecida A. P. da Silva
FEA/UNICAMP
Membro

Prof. Dr. Ahmed El Dash
FEA/UNICAMP
Membro

A Deus, por tantas benções.

Ao Francisco, pelo incentivo,
compreensão e paciência e,
principalmente pelo carinho e dedicação à
família.

Ao Gustavo e à Larissa, minhas melhores
obras, pelo que representam em minha
vida.

Aos meus pais Elza e Lino por todo apoio
e estímulo e, principalmente, por terem
me dado um início.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Yoon Kil Chang pela orientação e apoio.

À Dra. Denise Calil Pereira Jardim, diretora técnica do CEREAL CHOCOTEC/ITAL pelo apoio e incentivo.

Aos colegas do CEREAL CHOCOTEC/ITAL Franczy Zambrano, Antenor Pizzinatto e Flavio Montenegro pelo incentivo e sugestões e, em especial, ao Marco Antônio Vilela e à Silvia Helena Biondi pela colaboração ativa durante a realização deste trabalho.

À Luciana Misumi, estudante de Engenharia de Alimentos da FEA/UNICAMP pelo auxílio tão criterioso durante os processamentos e análises dos produtos.

À empresa Cerealle Indústria e Comércio de Cereais Ltda, em especial ao Sr. José Roberto Delgado, gerente técnico comercial, pelo fornecimento das farinhas de arroz utilizadas nesse trabalho.

Às empresas Ito Avicultura e ADM-Archer Daniels Midland Company, respectivamente, pelo fornecimento da clara de ovo desidratada e do emulsificante.

Aos membros da ACELBRA-SP – Associação dos Celíacos do Brasil que participaram do Teste Sensorial, e, em especial à Sra. Regina Maria Bonini Franco de Oliveira, presidente da Associação, pela gentileza e importante auxílio na organização do teste.

Ao FRUTHOTEC/ITAL pela utilização do secador de sua planta-piloto.

Ao Centro de Química do ITAL pela realização das análises de proteína e fibra bruta nas amostras de farinha de arroz.

Aos membros da Banca Examinadora, pelas sugestões e contribuições apresentadas.

ÍNDICE

RESUMO	xv
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
1. MASSAS ALIMENTÍCIAS OU MACARRÃO	7
1.1 Características de qualidade	8
1.2 Matérias-primas	11
1.2.1 Parâmetros de qualidade de farinha de trigo e semolina	11
1.3 Ingredientes e aditivos utilizados na produção de macarrão	17
1.4 Processo de produção	19
2. MASSAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS	23
2.1 Massas alimentícias não convencionais à base de arroz	24
2.1.1 O arroz como matéria-prima industrial	25
2.2 Características tecnológicas do arroz para a produção de massas	26
2.3 Uso de ingredientes e aditivos na produção de massas não convencionais	28
2.3.1 Materiais protéicos	29
2.3.2 Aditivos	30
2.4 O processo de produção de massas não convencionais	31
3. A IMPORTÂNCIA DAS MASSAS NÃO CONVENCIONAIS À BASE DE ARROZ PARA PORTADORES DA DOENÇA CELÍACA	35
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
CAPÍTULO 2. RICE PASTA FORMULATION FOR A CONVENTIONAL PASTA MANUFACTURING PROCESS: A RESPONSE SURFACE METHODOLOGY STUDY.....	49
SUMMARY	51
1. INTRODUCTION	

2. MATERIALS AND METHODS	52
2.1 Raw materials	52
2.2 Ingredients and additives	53
2.3 Pasta processing	53
2.3.1 Experimental design	54
2.4 Evaluation of pasta samples	55
2.4.1 Cooking characteristics	55
2.4.2 Texture	55
2.5 Statistical analysis	57
3. RESULTS AND DISCUSSION	58
3.1 Rice flour and pre-gelatinized rice flour characteristics	58
3.2 Effect of independent variables on rice pasta cooking characteristics and texture	59
4. CONCLUSIONS	67
5. REFERÊNCIAS	68
 CAPÍTULO 3. MACARRÃO DE ARROZ: CARACTERÍSTICAS DE COZIMENTO E TEXTURA EM COMPARAÇÃO COM O MACARRÃO CONVENCIONAL E ACEITAÇÃO PELO CONSUMIDOR	 73
RESUMO	75
SUMMARY	76
1. INTRODUÇÃO	77
2. MATERIAL E MÉTODOS	78
2.1 Matérias-primas	78
2.2 Ingredientes e aditivos	78
2.3 Processo de obtenção do macarrão	79
2.4 Avaliação das amostras de macarrão	80
2.4.1 Teor de umidade	80
2.4.2 Características de cozimento	80

2.4.3 Textura	80
2.5 Teste de aceitabilidade	82
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
3.1 Caracterização da farinha de trigo e das farinhas de arroz	82
3.2 Características de cozimento e de textura das massas de trigo e de arroz	84
3.3 Aceitação do macarrão de arroz	87
4. CONCLUSÃO	92
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
 CAPÍTULO 4. MASSA FRESCA DE ARROZ PREPARADA A PARTIR DE PRÉ-MISTURA.....	95
RESUMO	97
SUMMARY	97
1. INTRODUÇÃO	98
2. MATERIAL E MÉTODOS	99
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	99
4. CONCLUSÃO	101
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
 CONCLUSÕES	103
 ANEXOS	107

RESUMO

O comportamento das massas alimentícias durante e após cozimento é o parâmetro de qualidade de maior importância para os consumidores desse produto em todo o mundo. Além do sabor e do aroma, estão incluídos nestes parâmetros o tempo de cozimento, a quantidade de água absorvida, a perda de sólidos solúveis, a firmeza, a elasticidade e a pegajosidade. Massas alimentícias não convencionais de boa qualidade podem ser obtidas através do emprego de tecnologias que exploram as propriedades funcionais do amido ou através da adição de materiais protéicos capazes de formar estrutura semelhante a do glúten ou de aditivos que se complexam com o amido. A partir da metodologia de superfície de resposta estudou-se a influência da adição de farinha de arroz pré-gelatinizada, clara de ovo desidratada e monoglicerídeos destilados nas características do macarrão de arroz produzido pelo processo convencional de produção de massas alimentícias. As amostras obtidas foram avaliadas quanto às características de cozimento: tempo, perda de sólidos solúveis e aumento de peso e de volume e aos parâmetros de textura: firmeza, pegajosidade, resistência à quebra e extensibilidade. Modelos de regressão estatisticamente significativos e preditivos foram encontrados para as variáveis perda de sólidos solúveis, firmeza, pegajosidade e extensibilidade. Concluiu-se que todos os ingredientes estudados exerceram influência na qualidade do produto final. Aumentando-se as quantidades de farinha pré-gelatinizada e de clara de ovo desidratada, a firmeza e a extensibilidade da massa são melhoradas. No entanto, como massas com quantidades de farinha pré-gelatinizada acima ou abaixo de 40% apresentaram-se, respectivamente, grudentas ou quebradiças, recomenda-se utilizar quantidades de farinha pré-gelatinizada em torno do ponto central (40%). Quanto aos monoglicerídeos destilados, sua ação principal se deu na redução das perdas de sólidos solúveis e da pegajosidade da massa após cozimento. Na comparação de uma amostra de macarrão de arroz com uma amostra padrão de trigo, os produtos mostraram-se similares no que diz respeito às principais características

de cozimento (perda de sólidos solúveis, aumento de peso e de volume). O macarrão de arroz mostrou-se mais firme e menos pegajoso que o macarrão convencional. Quanto à elasticidade, embora sua resistência à quebra seja similar a do macarrão de trigo, sua extensibilidade é bem menor. O produto foi bem aceito pelo seu público-alvo, apresentando índices de aceitação superiores a 80% para todas as características avaliadas (aparência antes e após preparo, aroma, sabor e textura) e intenção de compra também superior a 80%. O macarrão de arroz também foi preparado de forma caseira, a partir de uma pré-mistura, apresentando-se bastante similar ao seco. Desta forma, o produto obtido neste estudo, além de agregar valor ao arroz quebrado que hoje é uma matéria-prima com pouco uso industrial, pode ser fabricado tanto por produtores de massas alimentícias convencionais como por pequenas empresas que produzam a pré-mistura para o preparo caseiro do macarrão. Nutricionalmente, representa uma boa alternativa para os portadores da doença celíaca que não dispõem de produtos isentos de glúten no mercado brasileiro.

INTRODUÇÃO

A doença celíaca, também conhecida como intolerância ao glúten, é caracterizada pela má absorção de nutrientes como consequência do dano causado às células epiteliais de absorção que envolvem o intestino delgado. Este dano ocorre em pessoas suscetíveis quando ingerem trigo e alguns outros cereais ou seus derivados. Os primeiros sintomas são diarreia e dores gastrointestinais. A prolongada má absorção da maioria dos nutrientes pode causar efeitos diversos como dores nos ossos devido à má absorção de cálcio e de vitamina D ou anemia relacionada à deficiência de ácido fólico (KASARDA, 1978).

O único tratamento satisfatório para celíacos é a completa retirada do trigo, centeio, cevada e aveia da dieta (KASARDA, 1978). A substituição desses cereais pode ser feita por soja, arroz, milho, batata, mandioca e cará sendo que dentre estes, o arroz é o menos alergênico (AMUSSEN, 1990; PENNA & MOTA, 1988; LORENZ, 1990, ACELBRA, 2001). Esta dieta deve ser seguida por toda a vida, mesmo que o paciente não apresente sintomas após a ingestão de glúten (ACELBRA, 2001).

A incidência da doença celíaca varia conforme a região. Estima-se que 1 pessoa em cada 200 a 500 pessoas apresentam a doença em países como Irlanda, Áustria e Escandinávia (SKERRITT et al., 1990). FASANO & HORVATH (2000) e HORVATH (1996) explicam que a doença celíaca é uma doença genética que afeta entre 1 em 150 e 1 em 250 americanos e que sua incidência é maior em descendentes de europeus, ocorrendo raramente entre negros e asiáticos. No Brasil, ainda não existem dados sobre a incidência desta doença (ACELBRA, 2001).

Não existe no mercado brasileiro produtos industrializados especiais sem glúten sendo que a maior parte das preparações do cardápio do paciente celíaco deve ser caseira, demandando tempo e dedicação para o preparo (ACELBRA,

2001). Segundo pesquisa realizada por essa associação, quando se perguntou aos portadores da doença celíaca sobre quais produtos sem glúten eles gostariam de encontrar com facilidade, o macarrão foi a resposta obtida por 21% dos pesquisados. A popularidade do macarrão se deve a vantagens como facilidade de preparo, versatilidade, excelente estabilidade durante a estocagem, forte apelo nutricional além do baixo custo (COLE, 1991).

Em todo o mundo, o principal parâmetro de qualidade para os consumidores de macarrão é seu comportamento durante e após cozimento. Além do sabor e do odor, são importantes o tempo de cozimento, a quantidade de água absorvida, as propriedades reológicas da massa (firmeza e elasticidade) e as características da superfície (pegajosidade, desintegração e perda de sólidos solúveis) (KRUGER, MATSUO & DICK, 1996; FEILLET, 1984; CUBADDA, 1988).

O uso de matérias-primas não convencionais em massas alimentícias pode dar origem a produtos de boa qualidade através do emprego de tecnologias que exploram as propriedades funcionais de componentes da matéria-prima como o amido ou através da adição de farinhas ricas em proteínas, capazes de formar estrutura semelhante a do glúten. Outra possibilidade ainda é a aplicação de aditivos. Alguns aditivos reagem com proteínas tornando sua reticulação mais fácil, enquanto que outros têm ação no amido como os mono e diglicerídeos de ácido graxos que formam complexos com a amilose evitando sua passagem para a água de cozimento e reduzindo, como consequência, a pegajosidade da massa após cozimento (PAGANI, 1986). No que diz respeito ao processo de produção, a literatura cita diversas tecnologias para a produção de massas em escala industrial usando-se matérias-primas não convencionais. Em todos os casos, as técnicas envolvidas são baseadas em tratamentos à alta temperatura de uma fração da massa de amido ou farinha, que em seguida é vigorosamente misturada aos demais ingredientes. O amido assim tratado se comporta como ligante, formando uma rede (MISKELLY, 1993; MESTRES et al., 1988; PAGANI, 1986; PAGANI et al. 1981).

Este trabalho, apresentado na forma de capítulos, teve como objetivo estudar a influência da adição de farinha de arroz pré-gelatinizada, clara de ovo desidratada e monoglicerídeos nas características de cozimento e na textura do macarrão de arroz produzido pelo processo convencional de produção de massas alimentícias. As características de cozimento e de textura de uma das amostras de macarrão de arroz foram comparadas às de uma amostra padrão de trigo, visando conhecer o quão similares esses produtos são em relação aos principais parâmetros de qualidade para massas alimentícias. Buscou-se também conhecer a aceitação do macarrão de arroz junto a consumidores portadores da doença celíaca, público-alvo deste produto.

Como são muitos os cuidados necessários à fabricação de produtos para celíacos, a entrada de empresas de grande porte do ramo de massas alimentícias nesse mercado pode ser dificultada. Por outro lado, devido à facilidade de processo, a produção de pré-misturas é uma alternativa interessante para pequenas empresas. O uso doméstico da pré-mistura para o preparo de macarrão requer apenas a aquisição de um equipamento simples, de baixo custo, no qual é feita a homogeneização com água e a formatação da massa. Neste trabalho, o macarrão de arroz preparado a partir de uma pré-mistura foi avaliado com o objetivo de comparar suas características com as do produzido pelo processo convencional.



CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. MASSAS ALIMENTÍCIAS OU MACARRÃO

Segundo a Legislação Brasileira (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2000), massa alimentícia é o produto não fermentado, apresentado sob várias formas, recheado ou não, obtido pelo empasto, amassamento mecânico de farinha de trigo comum e ou sêmola/semolina de trigo e ou farinha de trigo integral e ou farinha de trigo *durum* e ou sêmola/semolina de trigo *durum* e ou farinha integral de trigo *durum* e ou derivados de cereais, leguminosas, raízes ou tubérculos, adicionado ou não de outros ingredientes e acompanhado ou não de temperos e ou complementos, isoladamente ou adicionados diretamente à massa.

O macarrão é um produto muito importante na dieta de muitos países como Itália, França, Espanha, Alemanha, Argentina, Estados Unidos e Países do Norte da África (MILATOVIC & BALLINI, 1986). A crescente popularidade do macarrão se deve a vantagens como facilidade de preparo, versatilidade, excelente estabilidade durante a estocagem, forte apelo nutricional e baixo custo (COLE, 1991).

Com uma produção anual de 1.023.000 toneladas, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de massas alimentícias, atrás somente da Itália e dos Estados Unidos (ABIMA, 2002). A segmentação de consumo no ano de 2001 caracterizou-se como: macarrão de sêmola: 42,5%, com ovos: 29,9%, trigo *T. durum*: 4%, caseiro: 3,7%, comum: 19,7% e outros: 0,3%. Enquanto o consumo de massas alimentícias per capita/ano em países como Itália e Venezuela seja de, respectivamente, 28,0Kg e 12,7Kg, no Brasil é de apenas 5,6Kg com grande potencial para crescimento (ABIMA, 2002).

1.1 Características de Qualidade

O comportamento das massas alimentícias durante e após cozimento é o parâmetro de qualidade de maior importância para os consumidores desse produto em todo o mundo. Além do sabor e do odor, estão incluídos nestes parâmetros o tempo de cozimento, a quantidade de água absorvida, as propriedades reológicas da massa (firmeza, mastigabilidade e elasticidade) e as características da superfície (pegajosidade, desintegração e perda de sólidos solúveis (KRUGER et al., 1996; FEILLET, 1984). Para CUBADDA (1988), uma massa alimentícia de boa qualidade é a que se mantém firme e elástica após o cozimento sem apresentar pegajosidade.

Avaliações reológicas da farinha de trigo e da semolina são ferramentas importantes para prever a qualidade das massas alimentícias porém, a melhor avaliação da qualidade do macarrão é feita através da análise sensorial ou de métodos instrumentais (DICK, 1985).

MILATOVIC & BALLINI (1986) consideram a qualidade de cozimento como a característica mais importante, e recomendam avaliá-la através da medição dos seguintes parâmetros: absorção de água, aumento de peso e de volume e presença de resíduos na água de cozimento. Embora os testes de cozimento possam variar de um laboratório para outro, a metodologia oficial para a determinação desses parâmetros é a recomendada pela *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000) que inclui também a medida da firmeza da massa através de um analisador de textura.

O tempo de cozimento é definido no método AACC 66-50 (AACC, 2000) como o tempo necessário para o desaparecimento da coloração branca na parte central do fio de espaguete. Os demais parâmetros são medidos após cozimento do macarrão durante o tempo de cozimento previamente definido. Segundo os

critérios de HUMMEL (1966) perdas de sólidos de até 6% são características de massas de qualidade muito boa, de até 8% de massas de média qualidade e valores iguais ou superiores a 10% são característicos de massas de qualidade ruim. DONNELLY (1979) considera o valor de 8% como o máximo aceitável para a perda de sólidos na água de cozimento.

Para o aumento de peso, KRUGER et al. (1996) recomendam valores entre 160 a 180%. Para DONNELLY (1979), o aumento de peso deve ser da ordem de 200 a 250% enquanto para HUMMEL (1966) deve ser de pelo menos 100%. Para este autor, a faixa de 200 a 300% é considerada ideal para o aumento de volume apresentado por uma massa.

Os métodos instrumentais de avaliação de textura também têm sido bastante utilizados na avaliação das massas devido à precisão e por requererem amostras relativamente pequenas (DICK, 1985). Desde a década de 70, diversos trabalhos já foram feitos com o objetivo de medir a firmeza, a elasticidade e a pegajosidade do macarrão através de diferentes analisadores de textura tais como o Instron e o TA-XT2 (WALSH, 1971; VOISEY & LARMOND, 1973; MATSUO & IRVINE, 1974; VOISEY, LARMOND & WASIK, 1978; VOISEY, WASIK & LOUGHHEED, 1978; OH et al., 1983; DEXTER et al., 1983; DEXTER et al., 1985; EDWARDS et al., 1993; GUAN & SEIB, 1994; SMEWING, 1997).

A firmeza de massas de trigo *T. durum* de diferentes teores de proteína foi medida em aparelho Instron após cozimento por EDWARDS et al. (1993) através dos parâmetros força máxima e energia máxima. A força máxima mostrou-se o indicador mais preciso para a medida deste parâmetro de textura.

GUAN & SEIB (1994) mediram a pegajosidade de espaguete produzidos a partir de semolina de trigo *T. durum* e de farinha de *T. aestivum* em um analisador de textura TA-XT2 utilizando *probe* com superfície de contato de poliestireno. As

medidas de força máxima de tensão e trabalho total de tensão necessários para separar o *probe* da amostra foram utilizadas para avaliar a pegajosidade das massas. Concluíram que ambos os parâmetros inicialmente aumentaram e em seguida diminuíram com o passar do tempo de repouso do macarrão sob condições ambientes. Nestas condições, a força máxima de tensão apresentou coeficiente de variação menor que o outro parâmetro. Os espaguetes de *T. aestivum* apresentaram-se mais pegajosos que os de *T. durum*.

DEXTER et al. (1983) determinaram alguns atributos de qualidade em espaguetes secos pelo processo convencional e à alta temperatura e cozidos em água com diferentes graus de dureza. As medidas de textura foram feitas no aparelho medidor de compressão GRL do “Grain Research Laboratory” do Canadá. Em geral, o macarrão seco à alta temperatura mostrou-se menos pegajoso, mais firme e elástico e apresentou menor perda de sólidos solúveis que o correspondente seco pelo processo convencional. O aumento da pegajosidade e da perda de sólidos solúveis do macarrão foi diretamente proporcional ao aumento da dureza da água de cozimento. Os autores demonstraram que a pegajosidade é fortemente influenciada pela quantidade de água que recobre o macarrão após a drenagem, pelo tempo entre a drenagem da água e a medida e pela umidade relativa do ambiente de teste. Concluíram ainda que a pegajosidade da massa foi influenciada pelo cultivar do trigo, granulometria e teor de proteína do material farináceo mas não apresentou relação com o grau de germinação do trigo.

Para medida da elasticidade e da força necessária para a quebra do macarrão cozido, SMEWING (1997) recomenda a aplicação de um teste de tensão que pode ser aplicado somente a massas longas. Nesse teste, a força máxima indica a resistência do macarrão à quebra e a distância necessária para a quebra do fio indica a extensibilidade da amostra.

1.2 Matérias-primas

A semolina do trigo *T. durum* é considerada a melhor matéria-prima para a produção de massas alimentícias que, após cozimento, mantenham a consistência firme e resistam à desintegração. Entretanto, nem toda semolina de trigo *T. durum* dá origem a massas com boas características de cozimento (DALBON, 1983). As especificações para a semolina variam de país para país. Como exemplo, na Alemanha, Suíça e Áustria a característica mais importante de uma massa alimentícia é a sua cor. A massa deve ser amarela, sem descoloração para a tonalidade marrom. Entretanto, a cor está associada à qualidade do produto apenas por tradição, uma vez que não afeta as características reológicas da massa ou a qualidade de cozimento do produto final. Na Itália, ao contrário, a qualidade do glúten é que é sinônimo de qualidade do macarrão. Os trigos *T. durum* argentino e italiano, embora tenham tendência a apresentar cor mais escura, são preferidos no mercado italiano devido à força do seu glúten (MATSUO, 1988).

Quanto ao uso do trigo *T. aestivum*, DALBON (1983), se referindo ao mercado italiano, comenta que, em geral, esta espécie não apresenta as características ótimas para a produção de massas. No Brasil, praticamente toda massa alimentícia consumida é produzida com farinha de trigo *T. aestivum*.

1.2.1 Parâmetros de Qualidade de Farinha de Trigo e Semolina

Granulometria

No Brasil, segundo as portarias nº 354 de 18 de julho de 1996 e 132 de 19 de fevereiro de 1999 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, os termos sêmola e semolina são utilizados para caracterizar exclusivamente o

material farináceo obtido da moagem do trigo *T. durum* e o termo farinha de trigo é empregado para o material farináceo obtido da moagem de trigo *T. aestivum*. Com relação à granulometria, o material farináceo classificado como sêmola ou semolina deve passar totalmente pela peneira com abertura de malha de 841 μ m e, no máximo, 10% passar em peneira com abertura de malha de 150 μ m (SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 1999). Quanto à farinha de trigo, 98% dela deve passar através de peneira com abertura de malha de 250 μ m (SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 1996).

Segundo KRUGER et al. (1996), não existe consenso a respeito do tamanho de partículas mais adequado para a semolina utilizada na produção de massas. Tradicionalmente, utiliza-se semolina na faixa de 550 a 150 μ m porém, atualmente os fabricantes de equipamentos para a produção de massas têm recomendado o uso de semolina mais fina, na faixa de 350 a 130 μ m, para o melhor desempenho dos equipamentos. Paralelamente ao tamanho, recomenda-se uma variação muito estreita da granulometria das partículas para que se possa garantir que a semolina flua livremente nos equipamentos e que a absorção de água seja homogênea. A massa produzida com semolina de granulometria desuniforme pode apresentar manchas brancas, uma vez que as partículas finas tendem a absorver água mais rapidamente que as grossas; conseqüentemente, as partículas grossas permanecem relativamente secas durante a mistura (DONNELLY, 1991; INGLETT, 1974).

ANTOGNELLI (1980) cita a faixa de 300 a 200 μ m (com menos de 10% do material fora desta faixa) como a granulometria ideal para a obtenção de produtos de boa qualidade. Quando se mistura matérias-primas diversas (*T. durum* com *T. aestivum*, por exemplo), deve-se utilizar granulometrias mais finas, abaixo de 350 μ m ou preferencialmente abaixo de 250 μ m (que é a granulometria característica da farinha do trigo *T. aestivum*).

Cor

Um dos principais critérios de qualidade das massas alimentícias é sua cor amarela brilhante, que é consequência da presença de pigmentos carotenóides presentes no *T. durum*. Essa coloração pode ser influenciada pela granulometria, pelo teor da enzima lipoxigenase da semolina e também pelas condições de processo (DICK & MATSUO, 1988). O alto teor de lipoxigenase tem influência na cor da massa pois, semolinas de *T. durum*, naturalmente com altos teores de carotenóides podem sofrer degradação oxidativa desses pigmentos pela enzima durante o processo de produção (HSIEH & McDONALD, 1984). Entretanto, a importância da lipoxigenase no *T. durum* tem diminuído porque as novas variedades desta espécie têm altos teores de pigmento que, mesmo com perdas de 25 a 30% durante o processo, não afetam a cor do produto final (MATSUO, 1987). Quanto às condições de processamento, DICK & MATSUO (1988) citam que a presença de oxigênio durante a etapa de mistura pode reduzir a intensidade da cor amarela no macarrão, pois a ação da lipoxigenase é favorecida.

Teor de Umidade

O principal fator que determina a conservação das farinhas e semolinas durante a estocagem é o teor de umidade. Este deve ser controlado não apenas por motivos econômicos, mas também por sua importância no processamento. Deve estar em torno de 13%. Farinhas e semolinas com umidade acima de 14% têm tendência a formar grumos e não fluem uniformemente. Em processos contínuos, a uniformidade no fluxo da farinha é essencial para que a proporção entre farinha e água seja constante (CIACCO & CHANG, 1986). MILATOVICH & MONDELLI (1990) comentam que na Itália, conforme lei nº 440 de 08/06/1971, a semolina destinada à produção de massas deve ter 14,5% de umidade. A

legislação brasileira (Portarias MS 354/96 e 132/99) permite um teor de umidade máximo de 15% para a farinha de trigo *T.aestivum* ou *T. durum* e 14,5% para a semolina de trigo *T. durum*.

Teor de Cinzas

De maneira geral, quanto maior o teor de cinzas, pior a qualidade do produto final. Altos teores de cinzas indicam altas porcentagens de extração e, portanto, inclusão do farelo na farinha. A presença de farelo é indesejável pois dá cor mais escura ao produto final, além de propiciar qualidade de cozimento inferior. Pedacos de casca, principalmente as fibras, quebram a continuidade da rede de glúten, enfraquecendo o produto (CIACCO & CHANG, 1986).

HUMMEL (1966) cita que o teor de cinzas da semolina não deve exceder 0,8% enquanto que a lei italiana (nº 440 de 08/06/71) determina que o teor de cinzas esteja na faixa de 0,70 a 0,90%. Baixos teores de cinzas na semolina podem indicar que a semolina foi obtida a partir de mistura de trigo *T. durum* com trigo comum. Essas espécies de trigo diferem bastante no que diz respeito à distribuição dos minerais ao longo do grão. *T. durum* moído a uma extração de 75% normalmente apresenta um teor de cinzas de 0,75 a 0,80%, enquanto que *T. aestivum* com a mesma taxa de extração contém entre 0,45 e 0,50% de cinzas (base 14% umidade) (MATSUO, 1988).

Teor e Qualidade da Proteína

Mundialmente, existe consenso de que as diferenças na qualidade de cozimento das massas podem ser explicadas pela variação no teor e na composição da proteína do trigo e do seu material farináceo (MILATOVIC & MONDELLI, 1990; DALBON, 1983; KRUGER et al., 1996; AUTRAN et al., 1986; D'EGIDIO et al., 1990; MATSUO et al., 1982) sendo o teor protéico responsável

por dois terços dessas diferenças e a variação da composição da proteína responsável pelo um terço restante (KRUGER et al., 1996; MATSUO et al., 1982).

Quanto maior o teor de proteína, maior a resistência da massa ao cozimento, menor a pegajosidade e mínima a tendência da massa a se aglomerar. FEILLET (1984) comenta que quanto maior o teor de proteína, maior a possibilidade dessa proteína interagir e formar uma rede resistente. Para este autor, o teor de proteína do trigo é responsável por 30 a 40% da variabilidade na qualidade de cozimento das massas sendo que uma semolina com teor de proteína superior a 13% dá origem a produto final de boa qualidade enquanto que teores de proteína abaixo de 11% dão origem a produtos de qualidade inferior. Para DALBON (1983), semolinas com teores protéicos acima de 12% já são consideradas boas.

No entanto, somente um teor adequado de proteína na matéria-prima não é suficiente. As características do glúten têm importância fundamental para a obtenção de boas propriedades do produto cozido (DALBON, 1983). As proteínas do trigo são ligadas por pontes dissulfeto e de hidrogênio e por ligações hidrofóbicas formando uma matriz que confere à massa cozida suas características viscoelásticas (KRUGER et al., 1996).

O amido também tem grande importância na obtenção de uma boa massa (DALBON, 1983). Segundo este autor, durante o cozimento, a desnaturação térmica do glúten e a gelatinização do amido ocorrem praticamente nas mesmas condições de temperatura e umidade e ambos contribuem diferentemente para a qualidade da massa.

No estado cru, a estrutura da massa é dada pelo glúten, que não estando coagulado, apresenta uma estrutura relativamente fraca. Durante o cozimento, os grânulos de amido tendem a gelatinizar, enquanto as proteínas tendem a coagular

e a estrutura da massa é dada então por estas duas transformações (DALBON, 1983).

A coagulação das proteínas favorece a formação de um retículo protéico compacto que envolve os grânulos de amido. Ao mesmo tempo, ocorre o entumescimento e a gelatinização do amido que tende a ocupar os espaços intersticiais onde a proteína está coagulando. A rápida formação do retículo protéico é importante porque o envolvimento do amido na fase de gelatinização pela proteína coagulada impede que o amido se perca na água de cozimento (DALBON, 1983).

A velocidade de formação do retículo protéico é função da quantidade e da qualidade do glúten. Já a velocidade de entumescimento do amido, é função de suas características intrínsecas, em particular a temperatura de gelatinização. Quanto menor a temperatura de gelatinização, maior a influência negativa sobre a formação do retículo protéico, provocando maior perda de amido e conseqüentemente, aumentando a pegajosidade da massa (DALBON, 1983).

Atividade Enzimática

A determinação da atividade de α -amilase na farinha de trigo é realizada geralmente pela utilização do viscoamilógrafo e do aparelho de Hagberg (*Falling number* ou número de queda). Em ambos os métodos, uma suspensão de farinha e água é cozida sob condições pré-estabelecidas e em seguida, a viscosidade da pasta quente é medida. O número de queda (AACC, 2000) consiste em um índice simples e rápido de determinação da atividade da enzima α -amilase e é definido como o tempo em segundos requerido para que o êmbolo desça através de uma dispersão aquecida de farinha e água até uma distância fixa do aparelho. Neste teste, quanto maior a quantidade da 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).

Segundo DICK & YOUNGS (1988), valores médios de número de queda para *T. durum* sadios são de 350 a 400 segundos.

Embora os fabricantes de massas continuem a especificar um valor mínimo para o número de queda, acreditando que a germinação do grão esteja relacionada à menor qualidade da massa alimentícia, estudos têm demonstrado que a qualidade do macarrão não é afetada pela germinação. Um pequeno aumento na perda de sólidos solúveis e um pequeno decréscimo na firmeza da massa foram verificados quando o número de queda caiu abaixo de 150 segundos. Durante o processamento, a ação da α -amilase é limitada pelo baixo teor de umidade das massas e pelo seu rápido decréscimo durante a secagem. No cozimento, a α -amilase é rapidamente inativada ao penetrar na água em ebulição. Quanto à cor, o desenvolvimento de fungos do gênero *Cladosporium*, comumente associado à ocorrência de grãos germinados, pode dar origem a massas mais opacas (DEXTER et al., 1990).

1.3 Ingredientes e Aditivos Utilizados na Produção de Macarrão

Dentre os ingredientes utilizados na produção de massas alimentícias, o mais comumente empregado é o ovo. A adição de ovos à massa confere a cor amarela, melhora a elasticidade principalmente em massas longas, reduz a quantidade de resíduo na água de cozimento e, conseqüentemente, a pegajosidade da massa, além de aumentar o valor nutricional. Durante a preparação da massa, a albumina do ovo tem influência positiva sobre a proteína

da farinha, principalmente se tal operação é feita sob vácuo, ajudando a formação da rede protéica e melhorando o envolvimento do amido por essa rede (MILATOVICH & MONDELLI, 1990). DALBON (1983) cita que a melhoria da qualidade de cozimento da massa quando se adiciona 4 ou mais ovos por quilograma é considerável, mesmo quando se utiliza como matéria-prima a farinha de trigo *T. aestivum*.

Concentrados protéicos tais como isolados de leguminosas em geral, proteínas do soro do leite e proteínas do sangue também apresentam efeito benéfico por conterem alto teor de proteína solúvel e baixa temperatura de coagulação (DALBON, 1983).

Misturas de mono e diglicerídeos são utilizadas no processo de fabricação de macarrão por retardarem a gelatinização do amido durante o cozimento (GHIASI et al., 1982). MATSUO et al. (1986) e GRANT et al. (1993) reportaram que a adição de monoglicerídeos inibe a perda de carboidratos solúveis conferindo ao macarrão menor pegajosidade e maior tolerância ao sobrecozimento.

KOVÁCS et al. (1992) estudaram a aplicação de dois emulsificantes à base de monoglicerídeos separadamente e em conjunto (1:1) na produção de macarrão sem ovos. Concluíram que a perda de sólidos solúveis diminuiu, sendo mínima com a mistura dos emulsificantes. Sensorialmente, as amostras com os aditivos foram preferidas em relação ao padrão ao serem considerados os parâmetros aparência, aroma, sabor e consistência da massa após cozimento.

MENGER (1977) recomenda a adição de ácido ascórbico com o objetivo de aumentar a resistência das massas ao cozimento.

Como corantes, apenas os naturais são permitidos pela legislação brasileira (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 1999) para uso em massas alimentícias.

1.4 Processo de produção

As principais etapas do processo de produção de macarrão são: mistura da farinha de trigo com água e demais ingredientes até a completa homogeneização, amassamento da mistura e extrusão para conferir o formato final do produto (KRUGER et al., 1996). No processo de produção contínuo, atualmente empregado, em que o tempo de mistura é de 10 a 20 minutos, é importante que a semolina ou a farinha de trigo tenham granulometria uniforme e teor de umidade constante (GRUENENFELDER, 1983; MANSER, 1990) visando evitar o aparecimento de manchas brancas no produto final causado pela incompleta absorção de água (ANTOGNELLI, 1980).

A quantidade correta de água a ser adicionada depende da matéria-prima empregada uma vez que a semolina de trigo *T. durum* absorve menos água que a farinha de trigo *T. aestivum* (PORTESI, 1957; IRVINE, 1978). Depende também do formato da massa a ser produzido. Massas curtas, em geral, requerem uma massa mais úmida que massas longas para evitar que se rasguem devido à ação mecânica durante a etapa de corte (KRUGER et al., 1996).

A etapa de mistura ocorre geralmente à pressão atmosférica (KRUGER et al., 1996), embora alguns fabricantes de equipamentos recomendem mistura à vácuo com o objetivo de melhorar a cor do produto (MILATOVICH & MONDELLI, 1990). A ausência de ar inibe a ação das lipoxigenases que atuam sobre os pigmentos carotenóides e evita o aparecimento de bolhas de ar no produto o que o tornam opaco e criam pontos de fragilidade no produto seco (BANASIK, 1981; HOSENEY, 1986). Com o misturador trabalhando à pressão atmosférica, uma

bomba de vácuo é responsável por transferir o produto ao canhão da extrusora. A retirada do ar da massa nesta etapa do processo é suficiente para conferir as características adequadas ao produto final tais como cor e ausência de bolhas de ar que tornam o produto suscetível à quebra além de prejudicar a qualidade de cozimento da massa por permitir caminhos preferenciais durante a penetração da água (KRUGER et al., 1996).

O canhão da extrusora possui uma rosca sem fim que promove o amassamento da massa enquanto esta é conduzida em direção à matriz. Durante esta etapa, energia mecânica é dissipada podendo causar o aquecimento da massa (BANASIK, 1981; (GRUENENFELDER, 1983). Se a temperatura da massa excede a faixa de 50 a 55°C, pode ocorrer desnaturação das proteínas do glúten e início da gelatinização do amido (MENGER, 1977; RESMINI et al., 1988) com conseqüente perda da qualidade no produto final (DALBON, 1983). Os cilindros de extrusão são então encamisados com água com o objetivo de manter a temperatura da massa na faixa de 38 a 40°C (KRUGER et al., 1996).

Na extrusora, a massa é forçada a passar através de uma matriz para adquirir seu formato final. A temperatura da massa deve ser mantida entre 40 e 45°C através do controle com circulação de água para evitar os efeitos adversos sobre a proteína e o amido descritos acima (KRUGER et al., 1996). As trafilas devem ser projetadas de modo a assegurar uma distribuição de pressão uniforme na massa a ser moldada. A massa em contato com a parede do cilindro está sujeita a atrito que pode conferir ao macarrão um aspecto áspero após a extrusão (ANTOGNELLI, 1980). Para melhorar esse aspecto, atualmente as trafilas de bronze são revestidas com teflon (KRUGER et al., 1996) o que aumenta também sua vida útil (BANASIK, 1981).

A massa extrusada é cortada no comprimento desejado por um sistema de facas e recebe um jato de ar que promove um leve e temporário ressecamento da

superfície prevenindo assim que a massa grude e se deforme (ANTOGNELLI, 1980).

Em seguida, o macarrão é seco até atingir um teor de umidade de aproximadamente 12,5% o que propicia a manutenção do formato e o aumento da vida-de-prateleira (BANASIK, 1981). O processo de secagem das massas é dividido em duas fases: pré-secagem e secagem final. A pré-secagem leva um décimo do tempo total do processo e tem a função de secar superficialmente a massa prevenindo que grude. Aproximadamente um terço da umidade inicial (29 a 30%) é perdida nesta fase. Uma pré-secagem incorreta pode causar o aparecimento de bolhas e manchas indesejáveis até mesmo alguns dias após a embalagem da massa (KRUGER et al., 1996). Esta fase é seguida pela primeira fase de secagem caracterizada pela alta temperatura e umidade relativa que, juntamente com o tempo, são parâmetros que devem ser cuidadosamente controlados visando evitar a perda de cor e formação de odor típicos de processamentos inadequados. Na seqüência, o produto passa por uma segunda fase em que a temperatura cai com uma certa rapidez e, em seguida, por uma fase de estabilização da temperatura. Tanto na tecnologia tradicional como na moderna, um processo de secagem eficaz envolve alternados períodos de descanso com períodos de intensa remoção de umidade (KRUGER et al., 1996).

Na Tabela 1, são mostradas as condições de processo das diferentes tecnologias de secagem empregadas atualmente. O tempo de secagem é drasticamente reduzido à medida que se aumenta a temperatura do processo.

TABELA 1. Condições de processo das diferentes tecnologias de secagem de macarrão (KRUGER et al., 1996)

Tecnologia de secagem	Temperatura secagem* (°C)	Umidade relativa (%)	Tempo secagem (horas)
Baixa temperatura	40 - 60	70 - 80	18 - 28
Alta temperatura	60 - 84	74 - 82	8 - 11
Altíssima temperatura	> 84	74 - 90	2 - 5

* Incluindo a pré-secagem

É consenso na literatura técnica que a aplicação da alta temperatura na secagem do macarrão melhora sua cor e sua qualidade de cozimento conferindo maior firmeza, menor perda de sólidos solúveis e menor gomosidade (PAVAN, 1980; DEXTER et al., 1981; MILATOVICH & MONDELLI, 1990; MANSER, 1990). A alta temperatura pode ser aplicada tanto na fase inicial como na fase final de secagem. Segundo DEXTER et al. (1981), este último processo é o que tem se apresentado mais eficaz na melhoria da qualidade de cozimento do macarrão tipo espaguete. Outro grande benefício dos processos de alta e altíssima temperatura é a redução da contagem de microrganismos produtores de toxinas (KRUGER et al., 1996). A desvantagem destes processos é a moderada perda do valor nutricional. DEXTER et al. (1984) encontraram progressiva perda de lisina disponível no espaguete, à medida que a temperatura de secagem aumentou enquanto que CUBADDA (1986) reportou a perda de vitaminas do complexo B durante a secagem das massas mesmo com o processo convencional mas, principalmente ao se utilizar o processo de alta temperatura. KRUGER et al. (1996) consideram que a melhoria na qualidade da massa supera esta desvantagem, uma vez que as massas alimentícias não são consumidas como fonte de aminoácidos essenciais ou de vitaminas do complexo B.

2. MASSAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS

PAGANI et al. (1981) citam que a possibilidade de produzir a nível industrial novos tipos de massas a partir de cereais diferentes do trigo tem despertado interesse de pesquisadores de todo o mundo, não apenas pelo custo dessa matéria-prima mas, principalmente, por permitir o uso de outros cereais largamente disponíveis e não adequadamente utilizados como o arroz, o milho, a aveia, o tritcale ou a mistura destes.

As massas produzidas à base de farinhas de cereais diferentes do trigo, com ou sem a adição de outros ingredientes ou aditivos (naturais ou artificiais) podem ser chamadas de "massas especiais" (MILATOVIC & BALLINI, 1986).

A literatura apresenta diversas razões para a produção de massas alimentícias não convencionais, sendo os mais importantes o fator econômico e o hábito alimentar de alguns povos. Também podem ser encontradas razões relacionadas à nutrição e saúde. (FONSECA, [s.d.] e NISHIDA et al., 1976).

Há alguns milhares de anos antes de Cristo, os chineses inventaram o macarrão, que originariamente era produzido com farinhas de arroz e de leguminosas. A partir de então, as massas começaram a conquistar os países ocidentais (PAGANI, 1986).

Segundo MISKELLY (1993), na Ásia são utilizados farinha de arroz e amidos de arroz, trigo, ou mandioca para a produção de massas alimentícias. Ainda segundo o autor, referências sobre o uso de amido de feijão, batata, *mungbean* ou milho são encontrados.

TSAO et al. (1976) produziram macarrão de arroz pelo processo de extrusão termoplástica e compararam-no, através de testes sensoriais, com o

macarrão convencional à base de semolina de trigo *T. durum*. Concluíram que o macarrão de arroz necessita de menor tempo de cozimento que o convencional e é menos tolerante ao sobrecozimento.

GALVEZ & RESURRECCION (1992) aplicaram a técnica de *focus group* para determinar as características de qualidade de massas comerciais de *mungbean*, produto bastante popular na Ásia. Foram levantados atributos de avaliação da aparência da massa seca e atributos relacionados ao consumo do produto cozido, sendo definidos como os mais importantes e indicadores da qualidade a cor, o brilho e a transparência do produto seco e a textura do produto cozido. Quando cozido, certo grau de firmeza foi considerado desejável.

2.1 Massas Alimentícias Não Convencionais à Base de Arroz

Segundo PAGANI (1986), matérias-primas não convencionais podem dar origem a produtos de boa qualidade através do emprego de tecnologias que explorem as propriedades funcionais de componentes da matéria-prima como o amido ou através da adição de farinhas ricas em proteínas que são capazes de formar estrutura semelhante a do glúten. Outra possibilidade ainda é, a adição de aditivos. Alguns aditivos reagem com proteínas tornando sua reticulação mais fácil, enquanto que outros têm ação no amido e como consequência, consegue-se evitar a pegajosidade da massa durante o cozimento.

Segundo PAGANI et al. (1981), os subprodutos do beneficiamento de arroz são matérias-primas interessantes para a produção de massas pois é grande a disponibilidade de arroz quebrado de baixo preço, usado exclusivamente para a alimentação animal. Durante o beneficiamento, obtém-se de 8 a 12 kg de arroz quebrado para cada 100kg de arroz processado.

KWEE et al. (1969) estudaram a suplementação de farinhas de arroz, milho, soja e mandioca com concentrado protéico de peixe com o objetivo de obter produtos ricos em proteína para populações de países em desenvolvimento. Além da avaliação nutricional em que tanto a adição de 10% como a de 20% de concentrado protéico de peixe mostraram ser eficientes, os produtos foram analisados quanto às suas características sensoriais e de cozimento. O macarrão de arroz mostrou ser o melhor aceito sensorialmente. Nas análises de cozimento, as amostras formuladas apresentaram-se similares aos produtos comerciais.

POMPEI et al. (1985) utilizaram farinha desengordurada de "*lupin*" em massas alimentícias produzidas a partir de farinha de trigo *T. aestivum*, farinha de arroz e amido de batata com o objetivo de aumentar o teor protéico dos produtos. Utilizaram o processo convencional por extrusão e este processo aliado a uma etapa prévia de gelatinização do amido. Os resultados mostraram que, mesmo utilizando matérias-primas não convencionais como o amido de batata e o arroz, foi possível obter produtos com boa aceitabilidade, embora com características diferentes dos produtos tradicionais.

2.1.1 O Arroz como Matéria-Prima Industrial

Segundo JULIANO (1985), o arroz é uma das principais culturas do mundo, só perdendo, em volume, para o trigo. Constitui-se, também, alimento de subsistência para mais da metade da população mundial.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de arroz e o maior da América do Sul tendo produzido aproximadamente 11 mil toneladas em 2001 (USDA, 2000). Seu consumo per capita é de aproximadamente 74Kg/ano, superior à média mundial de 64,7Kg sendo responsável por 12% das proteínas e 18% das calorias da dieta básica da população brasileira (PLANETA ARROZ, 2002).

Por ser um produto agrícola caro, o arroz é utilizado predominantemente para alimentação humana. Não existem dados estatísticos oficiais sobre a produção e o consumo de farinha de arroz. Estima-se que, nos Estados Unidos e Canadá conjuntamente, sejam utilizadas de 13,5 a 18 mil toneladas de farinha de arroz por ano em alguns poucos produtos como alimentos infantis, cereais matinais e produtos extrusados além de ração animal. Entre 5 e 10% do total de farinha de arroz produzida são utilizados em produtos como panquecas, *waffles*, *batter* e farinha para empanados ou como parte da formulação de pães, massas de pizza e *muffins*. A farinha de arroz tem sido utilizada também em receitas especiais de produtos alternativos para pessoas alérgicas à proteína do trigo (BEAN & NISHITA, 1985).

Segundo FONSECA ([s.d.]), no Brasil, o arroz quebrado durante o beneficiamento é empregado, via de regra, para cervejaria. O mesmo autor cita que as variedades de arroz cultivadas no Estado de São Paulo apresentam o seguinte rendimento industrial médio: casca: 22%, farelo: 8% e arroz polido: 70%, sendo que deste último, 79% são grãos inteiros e 21%, grãos quebrados (meio arroz e quirera, matéria-prima para a produção da farinha de arroz).

2.2 Características tecnológicas do arroz para a produção de massas

Segundo MILATOVIC & BALLINI (1986) é importante conhecer a variedade do arroz usada para a produção de massas, sua origem e suas características de cozimento. O uso de farinha de arroz de variedades européias que apresentam um conteúdo de amilose muito baixo (cerca de 17%) quando comparado com variedades asiáticas (maior que 30%) pode influenciar os resultados obtidos no produto final. Verificou-se que conforme a porcentagem de farinha de arroz na mistura com trigo aumentava, a perda de sólidos na água de cozimento também

aumentava e a absorção de água diminuía, com conseqüente diminuição do volume da massa.

Também para PAGANI (1986), o amido ideal para a produção desse tipo de produto deve ter alto teor de amilose com grande tendência à retrogradação. Esta reação é influenciada pelo tamanho das moléculas e pela quantidade de amilose insolúvel presente no amido.

Segundo BHATTACHARYA et al. (1978), a qualidade de uma variedade de arroz não é dependente apenas do teor de amilose total mas também do seu conteúdo de amilose insolúvel. Este fato deve estar relacionado à retrogradação porque é a amilose insolúvel que primeiro retrograda e que, portanto, propicia maior rigidez aos grânulos de amido e ao arroz cozido, explicando a relação entre o alto teor de amilose insolúvel e a maior consistência e menor desintegração após o cozimento.

A importância do alto teor de amilose para a produção de massas alimentícias foi estudada por DEXTER & MATSUO (1979) ao utilizarem amidos de diferentes fontes (trigo, cevada, milho, tritcale, aveia, centeio e trigo sarraceno) na produção de espaguete. À medida que a proporção de amido de milho e de cevada cerosos (alto teor de amilopectina) aumentou, a qualidade de cozimento das massas diminuiu. Os espaguetes com altas porcentagens de amido ceroso apresentaram-se pouco firmes e elásticos.

KOHLWEY et al. (1995) citam que, tradicionalmente, o macarrão de arroz é produzido com variedades de grão longo que apresentam teores de amilose que variam de intermediário a alto (acima de 22%). Mais recentemente, BHATTACHARYA et al. (1999) utilizaram onze variedades de arroz com diferentes teores de amilose e características físicas do amido e concluíram que o

teor de amilose foi o fator que apresentou maior influência nas características de textura do macarrão resultante.

A granulometria do material farináceo também influi nas características da massa cozida. Usando-se sêmola ao invés de farinha, obtém-se produto com tendência à quebra durante o cozimento, devido à obtenção de uma estrutura não homogênea que permite a formação de zonas preferenciais para a infiltração de água. Amostras preparadas com sêmola de arroz apresentaram maior perda de sólidos na água de cozimento (PAGANI et al., 1981).

HEMAVATHY & BHAT (1994) estudaram a utilização de farinhas de arroz com diferentes granulometrias na produção de macarrão do tipo *vermicelli*. Os melhores resultados foram obtidos com farinhas de granulometria média de 138 μ m (125 - 152 μ m) e de 165 μ m (153 - 178 μ m). As massas apresentaram-se firmes e com a superfície lisa. Os macarrões obtidos de farinhas muito finas apresentaram-se pegajosos e pouco firmes enquanto que partículas mais grossas deram origem a massas demasiadamente firmes e com superfície áspera. O aumento do volume da massa durante o cozimento foi diretamente proporcional ao aumento da granulometria enquanto que a perda de sólidos solúveis não foi influenciada pelo tamanho das partículas do material farináceo empregado.

2.3 Uso de ingredientes e aditivos na produção de massas não convencionais

A literatura cita o uso de diversos coadjuvantes de tecnologia para a produção de massas alimentícias não convencionais que podem ser classificadas em: materiais protéicos e aditivos.

2.3.1 Materiais Protéicos

Segundo PAGANI (1986), uma massa não convencional de boa qualidade sempre é obtida se forem acrescentadas à formulação, substâncias protéicas capazes de formar uma rede durante o cozimento e mesmo durante o processo. Os produtos protéicos de origem vegetal que são usados são derivados de leguminosas como soja, ervilha, tremçoço, fava e outras que são geralmente usadas sob a forma de farinha, concentrado ou isolado protéico. As proteínas de origem animal utilizadas são: derivados do leite, como as proteínas do soro, a caseína e o leite em pó, as proteínas do ovo, as de peixes, do plasma sanguíneo e até mesmo as proteínas derivadas de microrganismos.

Os requisitos tecnológicos necessários para esses ingredientes são: a perfeita solubilização inicial e a rápida coagulação durante o tratamento térmico (secagem ou cozimento). As proteínas do soro obtidas por ultrafiltração apresentam ambas as propriedades, dando origem a massas de excelente qualidade (PAGANI, 1986; PAGANI et al., 1981).

DALBON (1983) cita que os concentrados protéicos que possuem alto percentual de proteína solúvel e baixa temperatura de coagulação melhoram a qualidade de cozimento das massas. Cita ainda que algumas substâncias protéicas que dão bons resultados nesse tipo de produto são: isolados protéicos de leguminosas em geral, proteínas do soro do leite obtido por ultrafiltração, proteínas do sangue entre outras. Os ovos também têm grande influência na qualidade das massas alimentícias devido ao seu elevado teor de proteínas coaguláveis pelo calor.

MILATOVIC & BALLINI (1986), utilizaram em seu trabalho uma mistura de farinha de trigo com características qualitativas adequadas à panificação, farinha de arroz obtida da moagem de arroz quebrado, isolado protéico de soja e ácido L-

ascórbico. A adição do isolado protéico de soja teve o objetivo de aumentar o conteúdo de proteína na mistura, devido ao seu baixo teor na farinha de arroz.

JEFFERS et al. (1979) estudaram a utilização de 5% de proteína de soja em uma formulação de macarrão à base de farinha de trigo para panificação e observaram melhora na textura sem prejuízo na cor e no sabor.

A albumina também tem efeito positivo no processo tecnológico, embora apresente como aspectos negativos, o alto preço e o sabor característico que confere ao produto se utilizado em quantidades superiores a 2% (PAGANI et al., 1981).

2.3.2 Aditivos

Os mono e diglicerídeos de ácido graxos têm bom efeito em massas não convencionais pois formam complexos com a amilose evitando sua passagem para a água de cozimento (PAGANI, 1986). Para KOVÁCS & VARGA (1995), os monoglicerídeos com ácidos graxos saturados C_{12} – C_{18} são os melhores formadores de complexo, atuando significativamente na melhoria da firmeza, no aumento da absorção de água e na diminuição da perda de sólidos solúveis durante o cozimento.

Carragena, alginatos, gomas, ácidos graxos, ácido ascórbico e alguns sais específicos também podem ser usados com bons resultados (PAGANI, 1986).

TEAGUE et al. (1983) citam o uso de goma xantana em massas alimentícias com o objetivo de melhorar a textura durante a extrusão e aumentar a firmeza e elasticidade antes e após o cozimento. Esse aditivo facilita a extrusão, reduz a pegajosidade e aumenta a resistência das massas ao sobrecozimento.

Diferentes espécies de amaranto foram utilizadas na produção de massas alimentícias em conjunto com emulsificantes distintos (mono e diglicerídeos, lecitina, lecitina + liolecitina, estearoil-2 lactil lactato de sódio e ésteres do ácido diacetil tartárico) visando estudar a interação destes com os componentes da matéria-prima e sua influência na estrutura da massa. O emulsificante que deu origem à massa de melhor qualidade de cozimento foi o éster do ácido diacetil tartárico na proporção de 1,2% sobre o peso da farinha (KOVÁCS et al., 2001).

2.4 O Processo de Produção de Massas Não Convencionais

A literatura cita diversas tecnologias para a produção de massas em escala industrial usando-se matérias-primas não convencionais. Em todos os casos, as técnicas envolvidas são baseadas em tratamentos à alta temperatura de uma fração da massa de amido ou farinha, que em seguida é vigorosamente misturada aos demais ingredientes. O amido assim tratado se comporta como ligante, formando uma rede (PAGANI, 1986).

JULIANO & SAKURAI (1985) citam que o processo convencional de produção de macarrão de arroz envolve as etapas de embebição do arroz em grão durante várias horas, cozimento em vapor da massa formada com o objetivo de gelatinizar o amido de arroz, amassamento, extrusão e cozimento do produto obtido em vapor ou água em ebulição visando promover a gelatinização superficial do amido e melhorar a textura do macarrão. Para estes autores, o grau de pré-gelatinização das farinhas apresentam um importante papel na textura do produto final. Embora um certo grau de gelatinização seja necessário para a obtenção de uma massa coesa durante a extrusão, o excesso pode elevar excessivamente a pressão na extrusora.

O aquecimento do amido em solução causa o entumescimento dos grânulos até a completa gelatinização. Quanto mais alto o grau de gelatinização,

melhor a qualidade de cozimento da massa. São recomendados repetidos tratamentos a temperaturas de 90 a 95°C (mais altas que as requeridas para a gelatinização do amido). Um alto grau de gelatinização é obtido se o aquecimento se der em um fluido com no máximo 15% de matéria-seca. A ausência de proteína torna a gelatinização mais fácil já que não há material competindo pela água. As etapas de resfriamento produzem aspecto translúcido, vítreo e com especial consistência devido à retrogradação (PAGANI, 1986).

O preparo de massas com alto teor de umidade (maior que 30%) não é viável para a produção industrial pois as etapas de extrusão e de secagem apresentariam diversos problemas (PAGANI, 1986).

PAGANI et al. (1981) citam tecnologia que prevê a pré-gelatinização de uma parte da matéria-prima (5-7%) e a posterior mistura desta porção com a massa restante não tratada. A pré-gelatinização ocorre na fração de amilose favorecendo a repolimerização e criando estrutura com funções similares às do glúten. Estes autores citam ainda o exemplo do produto tailandês denominado “Bee-Hoon” que é produzido a partir de arroz, no formato de *vermicelli*. Esse produto é obtido através de um processo antigo no qual a massa passa por várias etapas de aquecimento com a conseqüente gelatinização do amido.

Segundo MESTRES et al. (1988), as massas obtidas de materiais isentos de glúten envolvem propriedades funcionais do amido que são reveladas por um ou dois tratamentos térmicos e que proporcionam a completa gelatinização do amido.

Para MISKELLY (1993), existem 2 processos principais usados para a produção de macarrão de arroz: a extrusão, usada para a produção de macarrão do tipo *vermicelli*, e a laminação e cozimento de uma solução de farinha e água que é usado para a produção de folhas e macarrões planos.

Os macarrões do tipo *vermicelli* como os filipinos "Bee-Hoon" são produzidos com arroz de alto teor de amilose que após moagem úmida e filtração, são moldados como esferas. As esferas são pré-cozidas em água fervente por 20 minutos ou em vapor para propiciar a gelatinização da superfície. Homogeneizando-se as esferas de massa, distribui-se uniformemente o amido gelatinizado. Essa massa é então extrusada através de uma matriz e o macarrão obtido é cozido por 10 a 15 minutos e resfriado antes de ser seco ao sol. Esse macarrão tem baixa espessura (aproximadamente 1mm de diâmetro), é branco e translúcido.

Macarrões de arroz em folha são populares na Tailândia, Vietnã, Singapura, Indonésia, Malásia e China. São produzidos a partir de um processo que utiliza farinha de arroz obtida por moagem úmida e água. A mistura destes ingredientes passa por um rolo aquecido e a folha formada (com aproximadamente 1 mm de espessura) passa por um túnel de vapor onde ocorre a gelatinização (MISKELLY, 1993).

MILATOVIC & MONDELLI (1990) e MILATOVIC & BALLINI (1986) também citam a importância da baixa espessura da massa (*vermicelli* de 0,5mm de diâmetro) ou mesmo de formatos pequenos por propiciarem menores perdas de sólidos durante o cozimento.

O processo apresentado por SIEGEL et al. (1975) consiste em preparar, uma suspensão de farinha e água que passa através de uma esteira metálica por um túnel com injeção direta de vapor, onde ocorre a gelatinização do amido. Após a secagem com ar por aproximadamente 5 horas, as folhas semi-secas são cortadas no formato adequado e secas por mais 5 horas.

Segundo MILATOVIC & BALLINI (1986), quando a farinha de arroz é aquecida durante o processo industrial, em presença de 30% de água, pode ocorrer apenas uma gelatinização parcial dos grânulos de amido. O processo de secagem à altíssima temperatura tem por objetivo aumentar o máximo possível a gelatinização do amido de arroz. A gelatinização depende ainda de fatores como o tempo de tratamento, a quantidade de água e sua interação com a farinha. Neste trabalho, a secagem foi feita em secador estático da Pavan, dotado de um sistema automático de controle de temperatura e de umidade relativa do ar. A temperatura oscilou entre 122°C e 108°C no início do ciclo de secagem, com UR entre 90% e 81%. Valores de UR superiores a 92% influenciaram negativamente a cor da massa quando esta permanecia a temperaturas acima de 96°C por mais de 10 minutos, devido à presença de isolado protéico de soja na formulação.

TOH (1996) patenteou um processo de produção de macarrão de arroz instantâneo que consiste em um pré-tratamento da farinha de arroz com vapor com o objetivo de gelatinizar parcialmente o amido. Em seguida, a farinha é misturada com água quente obtendo-se a massa que é então extrusada. O macarrão obtido passa por um novo tratamento com vapor, em seguida imersão em água quente e finalmente secagem até um teor de umidade inferior a 15%. O produto resultante apresenta boa textura e baixa perda de sólidos solúveis.

Com o objetivo de desenvolverem um produto isento de glúten mas rico em proteína e, principalmente em lisina, WANG et al. (1999) prepararam massas à base de farinha de ervilha utilizando o processo convencional de produção de massas. Os produtos foram considerados de baixa qualidade, principalmente no que se refere à textura, com características sensoriais pouco aceitáveis e grande desintegração durante o cozimento. Utilizaram, então, a tecnologia de extrusão termoplástica para a produção desse macarrão e obtiveram um produto com maior resistência à quebra, sabor e textura melhores e pouca alteração quando submetidos ao sobrecozimento.

3. A IMPORTÂNCIA DAS MASSAS NÃO CONVENCIONAIS À BASE DE ARROZ PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

A doença celíaca, também conhecida como intolerância ao glúten, é caracterizada pela má absorção de nutrientes como consequência do dano causado às células epiteliais de absorção que envolvem o intestino delgado. Este dano ocorre em pessoas suscetíveis quando ingerem trigo e alguns outros cereais ou seus derivados. Os primeiros sintomas são diarreia e dores gastrointestinais. A prolongada má absorção da maioria dos nutrientes pode causar efeitos diversos como dores nos ossos devido à má absorção de cálcio e de vitamina D ou anemia relacionada à deficiência de ácido fólico (KASARDA, 1978).

Em crianças, os sintomas desta doença são: diarreia, vômitos e diminuição na taxa de crescimento. Em adultos, os sintomas são bem variados, sendo a diarreia o principal. Canseira, perda de peso, anemia e câimbras são também comuns. Se não houver tratamento, a doença pode evoluir para distúrbios neurológicos, infertilidade e até mesmo o risco de câncer no trato intestinal pode ser aumentado (SKERRITT et al., 1990).

A incidência da doença celíaca varia conforme a região. Estima-se que 1 pessoa em cada 200 a 500 pessoas apresentam a doença em países como Irlanda, Áustria e Escandinávia (SKERRITT et al., 1990). FASANO & HORVATH (2000) e HORVATH (1996) explicam que a doença celíaca é uma doença genética que afeta entre 1 em 150 e 1 em 250 americanos e que sua incidência é maior em descendentes de europeus, ocorrendo raramente entre negros e asiáticos. No Brasil, ainda não existem dados sobre a incidência desta doença (ACELBRA, 2001).

Experiências clínicas e estudos laboratoriais mostram que enquanto o trigo, o triticale e o centeio são muito tóxicos para quem apresenta intolerância ao glúten, a cevada apresenta menos toxicidade e ainda há controvérsias com relação à aveia. O milho, o arroz e provavelmente o sorgo não são tóxicos (SKERRITT et al., 1990).

Para estes autores, o que determina a toxicidade para os celíacos é o teor de proteínas formadoras do glúten (mais especificamente de gliadina) e não o total de proteínas dos cereais. É importante notar que, enquanto os cientistas que estudam os cereais definem o glúten como um complexo protéico capaz de formar massa, encontrado apenas no trigo, para os profissionais da área de saúde, o glúten inclui as prolaminas do centeio, do triticale e da aveia, já que estas também são capazes de ativar a doença celíaca.

O único tratamento satisfatório para celíacos é a completa retirada do trigo, centeio, cevada e aveia da dieta (KASARDA, 1978). A substituição desses cereais pode ser feita por soja, arroz, milho, batata, mandioca e cará sendo que dentre estes, o arroz é o menos alergênico (AMUSSEN et al., 1990; PENNA & MOTA, 1988; LORENZ, 1990; ACELBRA, 2001). Esta dieta deve ser seguida por toda a vida, mesmo que o paciente não apresente sintomas após a ingestão de glúten (ACELBRA, 2001).

Não existe no mercado brasileiro produtos industrializados especiais sem glúten sendo que a maior parte das preparações do cardápio do paciente celíaco deve ser caseira, demandando tempo e dedicação para o preparo (ACELBRA, 2001).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**, 10th ed., St. Paul: AACC, 2000.

ABIMA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MASSAS ALIMENTÍCIAS. Disponível em: <http://www.abima.com.br>, atualizado em 01/2002, acesso em 25/03/2002.

ACELBRA. ASSOCIAÇÃO DOS CELÍACOS DO BRASIL. Disponível em: <http://www.acelbra.org.br>, atualizado em 26/12/2001, acesso em 31/01/2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução N°385 de 5 de agosto de 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/htm>, acesso em 13/02/2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC N°93 de 31 de outubro de 2000. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/htm>, acesso em 13/02/2002.

AMUSSEN, H.W.; SHARP, R.N.; SHARP, C.K. The feasibility of making soups from rice flour and hydrolized rice. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 90, n. 7, p. 991 – 993, 1990.

ANTOGNELLI, C. The manufacture and applications of pasta as a food ingredient: a review. **Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 125 - 145, 1980.

AUTRAN, J.C.; ABECASSIS, J.; FEILLET, P. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 5; p. 390 – 394, 1986.

BANASIK, O.J. Pasta processing. **Cereal Foods World**, v 26, n. 4, p. 167 – 169, 1981.

BEAN, M.M.; NISHITA, K.D. Rice flours for baking. In: JULIANO, B.O. **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985, p. 539 - 556.

BHATTACHARYA, K.; ZEE, S.Y.; CORKE, H. Physicochemical properties relates to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 6, p. 861 - 867, 1999.

BHATTACHARYA, K.; SOWBHAGYA, C.M.; SWAMY, Y.M.I. Importance of insoluble amylose as a determinant of rice quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 29, n. 4, p. 359-364, 1978.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Como fazer massas**. São Paulo: Ícone, 1986, 127p.

COLE, M.E. Review: Prediction and measurement of pasta quality. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 26, n. 2, p. 133 – 151, 1991.

CUBADDA, R. Effect of drying process on the nutritional and organoleptic characteristics of pasta. A review. In: MERCIER, C.; CANTARELLI, C. **Pasta and Extrusion Cooked Foods - Some Technological and Nutricional Aspects**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986, p. 79 – 89.

CUBADDA, R. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in Europe. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988, p. 217 - 228.

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**, v. 67, n. 3, p. 275 - 281, 1990.

DALBON, G. Fattori che influiscono sulle caratteristiche di cottura delle paste alimentari e possibilità di migliorare le qualità con opportune tecnologie. **Tecnica Molitoria**, v. 34, n. 8, p. 553-563, 1983.

DEXTER, J.E.; MATSUO, R.R.; Effect of starch on pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. **Cereal Chemistry**, v. 56, n. 3, p. 190 – 195, 1979.

DEXTER, J.E.; MATSUO, R.R.; KRUGER, J.E. The spaghetti-making quality of commercial durum wheat samples with variable α -amilase activity. **Cereal Chemistry**, 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**, v. 3, n. 1, p. 39 – 53, 1985.

DEXTER, J.E.; MATSUO, R.R.; MORGAN, B.C. High temperature drying: Effect on spaghetti properties. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 6, p. 1741 – 1746, 1981.

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**, v. 48, n. 5, p. 1545 – 1551, 1559, 1983.

DEXTER, J.E.; TKACHUK, R.; MATSUO, R.R. Amino acid composition of spaghetti: Effect of drying conditions on total and available lysine. **Journal of Food Science**, v. 49, n. 1, p. 225 – 228, 1984.

DICK, J.W. Rheology of durum. In: FARIDI, H. **Rheology of wheat products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985, v. 2, p. 507 – 547.

DICK, J.W.; MATSUO, R.R. Durum wheat and pasta products. In: POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 2, 1988, p. 507 - 547.

DICK, J.W.; YOUNGS, V.L. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in the United States. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C. **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. **The Macaroni Journal**, v. 61, n. 1, p. 6 –7, 10, 12, 14 – 15, 18, 1979.

DONNELLY, B. J. Pasta: Raw materials and processing. In: LORENZ, K.J.; KULP, K. **Handbook of Cereal Science and Technology**, New York: Marcel Dekker, 1991, p. 763 - 792.

- EDWARDS, N.M.; IZYDORCZYK, M.S.; DEXTER, J.E.; BILIADERIS, C.G. Cooked pasta texture: comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 2, p. 122 – 126, 1993.
- FASANO, A.; HORVATH, K. **Serological screening study**. University of Mariland – Center for Celiac Research, May 20, 2000. Disponível em: <http://www.celiac.com>. Acesso em 31/01/2002.
- FEILLET, P. The biochemical basis of pasta cooking quality: its consequences for durum wheat breeders, **Sciences des Aliments**, v. 4, n. 4, p. 551 - 566, 1984.
- FONSECA, H. Tecnologia de transformação. In: **Arroz - Produção, Pré-Processamento e Transformação Agroindustrial**, Piracicaba: FEALQ, [s.d.] 169p. vii.
- GALVEZ, F.C.F. & RESURRECCION, A.V.A. Reliability of the focus group technique in determining the quality characteristics of mungbean [*Vigna radiata* (L.) wilczec] noodles. **Journal of Sensory Studies**, v. 7, p. 315-326, 1992.
- GHIASI, K.; HOSENEY, R.C.; VARRIANO-MARSTON, E. Gelatinization of wheat starch. I. Excess water systems. **Cereal Chemistry**, v. 59, n. 1, p. 81 – 85, 1982.
- GRANT, L.A.; DICK, J.W.; SHELTON, D.R. Effects of drying temperature, starch damage, sprouting and additives on spaghetti quality characteristics. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 6, p. 676 – 684, 1993.
- GRUENENFELDER, F. Miscelazione ed estrusione nella produzione della pasta. **Tecnica Molitoria**, v. 34, n. 2, p. 103 – 108, 1983.

GUAN, F.; SEIB, P.A. Instrumental probe and method to measure stickiness of cooked spaghetti and noodles. **Cereal Chemistry**, v. 71, n. 4, p. 330 – 337, 1994.

HEMAVATHY, J.; BHAT, K.K.; Effect of particle size on viscoamylographic behaviour of rice flour and vermicelli quality. **Journal of Texture Studies**, v. 25, p. 469 – 476, 1994.

HORVATH, K. **First epidemiological study of gluten intolerance in the United States**. Gastroenterology, April, 1996. Disponível em: <http://www.celiac.com>, acesso em 31/01/2002.

HOSENEY, R.C. Pasta and noodles. In: **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986, p. 277 - 291.

HSIEH, C.C.; McDONALD, C.E. Isolation of lipoxygenase isoenzymes from flour of durum wheat endosperm. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 61, n. 5, p. 392 - 398, 1984.

HUMMEL, C. **Macaroni products**. London: Food Trade Press, 1966, 287p.

INGLETT, G.E. **Wheat: Production and Utilization**. Westport: AVI Publishing Company, 1974, 500p.

IRVINE, G.N. Durum wheat and pasta products. In: POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1978, p. 777 - 798.

JEFFERS, H.C.; NOGUCHI, G.; RUBENTHALER, G.L. Effects of legume fortifiers on the quality of udon noodles. **Cereal Chemistry**, v. 56, n. 6, p. 573-576, 1979.

JULIANO, B.O. Production and utilization of rice. In: JULIANO, B.O. **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985, p. 1 - 16.

JULIANO, B.O.; SAKURAI, J. Miscellaneous rice products. In: JULIANO, B.O. **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985, p. 569 - 618.

KASARDA, D.D. The relationship of wheat proteins to celiac disease. **Cereal Foods World**, v. 23, n. 5, p. 240 - 262, 1978.

KOHLWEY, D.E.; KENDALL, J.H.; MOHINDRA, R.B. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. **Cereal Foods World**, v. 40, n. 10, p. 728 - 732, 1995.

KOVÁCS, E.; VÁMOS-KARDOS, É.; KISS-LASZLAVIK, M.; PALLAGI, E. Effect of emulsifiers on the properties of pasta products. **Acta Alimentaria**, v. 21, n. 3-4, p. 205 - 217, 1992.

KOVÁCS, E.; VARGA, J. Studio sulla qualità di pasta alimentare a base di amido di mais. **Tecnica Molitoria**, v. 46, n. 11, p. 1206 - 1211, 1995.

KOVÁCS, E.T.; MARÁZ-SZABÓ, L.; VARGA, J. Examination of the protein-emulsifier-carbohydrate interactions in amaranth based pasta products. **Acta alimentaria**, v. 30, n. 2, p. 173 - 187, 2001.

KRUGER, J.E.; MATSUO, R.B.; DICK, J.W. **Pasta and Noodle Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1996, 356p.

KWEE, W.H.; SIDWELL, V.D.; WILEY, R.C.; HAMMERLE, O.A. Quality and nutritive value of pasta made from rice, corn, soya, and tapioca enriched with fish protein concentrate. **Cereal Chemistry**, v. 46, n. 1, p. 78-84, 1969.

LORENZ, K. Cereals and schizophrenia. In: POMERANZ, Y. **Advances in Cereal Science and Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1990, p. 435 – 466.

MANSER, J. Grado di finezza delle semole e qualità della pasta alimentare. **Tecnica Molitoria**, v. 41, n. 12, p. 1031 – 1034, 1990.

MATSUO, R.R. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in Canada. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C. **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. **Enzymes and their role in cereal technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1987, p. 325 - 334.

MATSUO, R.R.; DEXTER, J.E.; BOUDREAU, A.; DAUN, K.J. The role of lipids in determining spaghetti cooking quality. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 6, p. 484 – 489, 1986.

MATSUO, R.R.; DEXTER, J.E.; KOSMOLAC, F.G.; LEISLE, D. Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. **Cereal Chemistry**, v. 59, n. 3, p. 22 - 228, 1982.

MATSUO, R.R.; IRVINE, G.N. Relationship between the GRL spaghetti tenderness tester and sensory testing of cooked spaghetti. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 7, n. 2, p. 155 – 156, 1974.

MENGER, A. Influenza della materia prima e del procedimento sulla qualità della pasta alimentare. **Tecnica Molitoria**, v. 2, n. 1, p. 83 – 90, 1977.

MESTRES, C.; COLONNA, P.; BULEON, A. Characteristics of starch networks within rice flour noodles and mungbean starch vermicelli. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 6, p. 1809 - 1812, 1988.

MILATOVIC, L. & BALLINI, N. Un nuovo approccio tecnologico e nutrizionale alla produzione della pasta. **Tecnica Molitoria**, v. 37, n. 10, p. 801 - 815, 819, 1986.

MILATOVICH, L. & MONDELLI, G. **La tecnologia della pasta alimentare**, Pinerolo, Chiriotti Editori, 1990. 330p.

MISKELLY, D.M. Noodles - a new look at an old food. **Food Australia**, v. 45, n. 10, p. 496 - 500, 1993.

NISHIDA, K.D.; ROBERTS, R.L.; BEAN, M.M.; KENNEDY, B.M. Development of a yeast-leavened rice-bread formula. **Cereal Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 626 - 635, 1976.

OH, N.H.; SEIB, P.A.; DEYOE, C.W.; WARD, A.B. Noodles. I. Measuring the textural characteristics of cooked noodles. **Cereal Chemistry**, v. 60, n. 6, p. 433 – 438, 1983.

PAGANI, A. ; RESMINI, P.; DALBON, G. Formulazione e produzione di paste alimentari a partire da materie prime non convenzionali. **Tecnica Molitoria**, v. 32, n. 5, p. 1-24, 1981.

PAGANI, M.A. Pasta products from non conventional raw materials. In: MERCIER, C.; CANTARELLI, C. **Pasta and Extrusion Cooked Foods - Some Technological and Nutricional Aspects**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986, p. 52 - 68.

PAVAN, G. High temperature drying improves pasta quality. **Food Engineering International**, v. 5, n. 2, p. 37 – 39, 1980.

PENNA, F.J.; MOTA, J.A.C. Doença celíaca. In: DANI, R.; CASTRO, L.P. **Gastroenterologia clínica**, 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988, v.1.

PLANETA ARROZ. Planeta Business – Mercado & política do arroz, edição nº 3. In: **JORNAL DO POVO**, 31 de janeiro de 2002. Disponível em: <http://www.planetaarroz.com.br>, acesso em 31/01/2002.

POMERANZ, Y. **Modern Cereal Science and Technology**. New York: VCH Publishers, 1987, 486p.

POMPEI, C.; LUCISANO, M.; BALLINI, N. Utilisation de farine de lupin dans la production de pâtes alimentaires. **Sciences des Aliments**, v. 5, n. 4, p. 665 – 687, 1985.

PORTESI, G. **L'industria della pasta alimentari**. Roma: Editrice Molini D'Italia, 1957. 420p.

RESMINI, P.; PAGANI, M.A.; DALBON, G. Ruolo delle caratteristiche della materia prima e delle condizioni di produzione della pasta alimentare nel determinarne la qualità in cottura. **Tecnica Molitoria**, v. 39, n. 5, p. 425 – 437, 1988.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria N° 132, de 19 de fevereiro de 1999. **Diário Oficial da União** de 25 de fevereiro de 1999.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria N° 354, de 18 de julho de 1996. **Diário Oficial da União** de 22 de julho de 1996.

SIEGEL, A.; BHUMIRATANA, A.; LINEBACK, D.R. Development, acceptability, and nutritional evaluation of high-protein soy-supplemented rice noodles for thai children. **Cereal Chemistry**, v. 52, n. 5, p. 801-812, 1975.

SKERRITT, J.H.; DEVERY, J.M.; HILL, A.S. Gluten intolerance: chemistry, celiac-toxicity, and detection of prolamins in foods. **Cereal Foods World**, v. 35, n. 7, p. 638-644, 1990.

SMEWING, J. Analyzing the texture of pasta for quality control. **Cereal Foods World**, v. 42, n. 1, p. 8 – 12, 1997.

TEAGUE, G.D.; BURGUM, D.R.; FAULK, G.S. Xanthan gum in bread, pasta and batters. **Cereal Foods World**, v. 28, n. 9, p. 579-580, 1983.

TOH, T.S. **Rice noodles preparation**. European patent 0738473A2, 1996.

TSAO, T.; BEETNER, G.; LORENZ, K.; FREY, A. Extrusion processing of instant rice spaghetti. **Lebensmittel Wissenschaft Technologie**, v. 9, n. 2, p. 96 - 98, 1976.

USDA. United States Department of Agriculture. **Grain: World Markets and Trade**. July, 2000. Disponível em:

<http://www.fas.usda.gov/grain/circular/2000/00%2D07/graintoc.htm>, acesso em 02/02/2002.

VOISEY, P.W.; LARMOND, E. Exploratory evaluation of instrumental techniques for measuring some textural characteristics of cooked spaghetti. **Cereal Science Today**, v. 18, n. 5, p. 126 -133, 142 -143, 1973.

VOISEY, P.W.; LARMOND, E.; WASIK, R.J. Measuring the texture of cooked spaghetti. I. Sensory and instrumental evaluation of firmness. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 11, n. 3, p. 142 – 148, 1978.

VOISEY, P.W.; WASIK, R.J.; LOUGHHEED, T.C. Measuring the texture of cooked spaghetti. 2. Exploratory work on instrumental assessment of stickiness and its relationship to microstructure. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 11, n. 4, p. 180 - 188, 1978.

WALSH, D.E. Measuring spaghetti firmness. **Cereal Science Today**, v. 16, n. 7, p. 202 – 205, 1971.

WANG, N.; BHIRUD, P.R.; SOSULSKI, F.W.; TYLER, R.T. Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 4, p. 1671 – 678, 1999.

**Artigo submetido ao
International Journal of Food
Science and Technology**

CAPÍTULO 2

RICE PASTA FORMULATION FOR A CONVENTIONAL PASTA MANUFACTURING PROCESS: A RESPONSE SURFACE METHODOLOGY STUDY

SUMMARY

Using Response Surface Methodology (RSM), studies were carried out to evaluate the effects of the addition of pre-gelatinized flour, dehydrated egg white and monoglycerides on the characteristics of rice pasta manufactured by the conventional process. The samples obtained were assessed according to their cooking characteristics (time, cooking loss, increase in weight and volume) and the following parameters: firmness, stickiness, resistance to breakdown and extensibility. Statistically significant and predictable regression models were found for the cooking loss, firmness and extensibility. All the ingredients studied influenced the quality of the final product. By increasing the amount of pre-gelatinized flour and egg white, the firmness and the extensibility of the pasta were improved. Nevertheless, since pasta containing amounts of pre-gelatinized flour greater or lesser than 40% tended to be, respectively, sticky or brittle, the use of about 40% pre-gelatinized flour is to be recommended. The main actions of the monoglycerides were in the reductions of the soluble solids loss and of the stickiness of the pasta after cooking.

Key words: rice pasta, Response Surface Methodology, texture

1. INTRODUCTION

The use of non-conventional raw materials in pasta can result in good quality products by using technologies that explore the functional properties of the raw material components, such as starch, or by adding high protein flours capable of forming a structure similar to that of gluten. Another option is the use of additives. Some additives react with proteins to form a network, while others react

with the starch, such as the mono and diglycerides of fatty acids, which form complexes with amylose preventing starch losses to the cooking water and therefore decreasing stickiness after cooking (PAGANI, 1986).

Regarding the manufacturing process, several technologies have been mentioned for the production of pasta using non-conventional raw materials. All of these technologies are based on high temperature treatments of a fraction of the starch or flour, and a subsequent vigorous mixing with the other ingredients. Starch processed in this way binds the ingredients together forming a network (MISKELLY, 1993; MESTRES et al., 1988; PAGANI et al. 1981).

Changes in pasta during and after cooking constitute the most important quality parameter for consumers the world over. Besides taste and smell, this parameter includes cooking time, water absorption and the rheological properties of the pasta (firmness, chewiness, elasticity) as well as the pasta surface characteristics (stickiness, disintegration and loss of soluble solids) (KRUGER, MATSUO & DICK, 1996; FEILLET, 1984). High quality pasta is described as that which remains firm and elastic after cooking but not sticky (CUBBADDA, 1988).

The aim of this work was to determine the influence of adding pre-gelatinized flour, dehydrated egg white and distilled monoglycerides on the cooking and textural characteristics of rice pasta, manufactured by the conventional process.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Raw materials

The raw materials used were rice flour and pre-gelatinized rice flour supplied by *CEREALLE Ind. e Comercio de Cereais Ltda.* Both were analyzed regarding

their composition: moisture content (AACC 44-15A, 2000), protein (AACC 46-12, 2000), total lipids (AOAC 920.39C, 1995), raw fiber (DEMAIR, 1963) and ash (AACC 08-01, 2000). The carbohydrate content was determined by difference.

The amylose content was measured using a near infrared spectrophotometer PERSTOP, model 6500, adjusted using a calibration curve supplied by Louisiana University, LA, USA. The samples were sieved through a 60 mesh sieve.

The rice flour particle distribution was determined by sieving for 10 minutes on the Produtest sieve shaker.

2.2 Ingredients and additives

Dehydrated egg white was supplied by *Ito Avicultura* and distilled monoglycerides of the commercial brand DMG-03, were supplied by the company ADM Archer Daniels Midland Company. Water soluble β -carotene, supplied by *Brastókio Importer*, was used as colorant.

2.3 Pasta processing

Different percentages of rice flour, pre-gelatinized rice flour, dehydrated egg white and monoglycerides (according to the experimental design shown in 2.3.1) were first mixed for 5 minutes. Water (41.25%) and colorant (0.04%) were then added and blended for another 15 minutes. All the percentages were based on the total amount of flour. The mixture was then extruded as *fettucini* and cut in a pilot-extruder Braibanti with a capacity for 12 Kg batches.

The product was then dried using a high temperature process in a Proctor-Schwartz static dryer with steam injection and wet and dry bulb temperature

controls. The air flow inside the dryer was horizontal with an average speed of 3 m/sec. Conditions for the drying time, relative humidity and dry bulb (Tdb) and wet bulb (Twb) temperatures were previously determined (ORMENESE, 1998), as shown in Table 1.

TABLE 1. Conditions of drying process

Process Step	Time (min)	Tdb (°C)	Twb (°C)	RH (%)
1	75	90	86	86
2	30	62	59	86
3	30	50	47.5	87

2.3.1 Experimental design

Experiments were conducted according to a rotatable central composite Response Surface Methodology (RSM) with 3 factors or independent variables (n). The design consisted of a total of 18 experiments ($2^n + 2n + 4$) with 8 star points, 6 axial points and 4 central points. The axial points ($-\alpha$ and $+\alpha$) were calculated using the equation: $\alpha = (2^n)^{1/4}$. In this case, for 3 variables, $\alpha = 1.682$. The experimental design was generated and an analysis performed using the statistical software Statistica.

The percentages of pre-gelatinized rice flour, monoglycerides and dehydrated egg white used in the formulation were the three independent variables. The percentages were calculated based on the total amount of flour. The levels of the variables are shown in Table 2 and were determined based on previous studies (ORMENESE, 1998; ORMENESE et al., 2001). The tests were conducted in a randomized order.

TABLE 2. Independent variables and their levels

VARIABLES	LEVELS				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
X1	31.6%	35%	40%	45%	48.4%
X2	0%	0.4%	1%	1.6%	2.0%
X3	0%	1.3%	3.2%	5.1%	6.4%

X1= pre-gelatinized flour (%); X2 = monoglycerides (%); X3 = dehydrated egg white (%)
 $\alpha = 1,682$

2.4 Evaluation of pasta samples

All pasta samples were analyzed according to the moisture content (AACC 44-15A, 2000) with results from 12.17 to 13.41%. For each test, the following dependent variables were evaluated:

2.4.1 Cooking Characteristics

The parameters cooking time, weight increase, volume increase and cooking loss were determined according to AACC 66-50 (2000). Except for cooking time, the other parameters were analyzed in triplicate.

2.4.2 Texture

The parameters firmness, stickiness and elasticity were analyzed using a texturometer TA-XT2i (STABLE MICRO SYSTEMS, 1997) with probes A/LKB-F, HDP/PFS and A/SPR, respectively. The results of each parameter were obtained from the arithmetic average of 5 results.

Firmness

Pasta was cut into 5cm pieces and 25g samples cooked in 300ml of distilled water for the time determined according to AACC 66-55 (2000). After draining and rinsing with 50ml of distilled water, the cooked pasta was held for 1 minute in 300ml of cold water. The water was drained and the firmness measured as the maximum force required to cut the sample. Test conditions were: measurement of compression force, pre-test speed: 0.50mm/s, test speed: 0.17mm/s, post-test speed: 10.0mm/s, distance: 4.5mm, trigger: button (from starting height of 5mm).

Stickiness

Pasta was cut into 9cm pieces and 25g samples cooked in 300ml of distilled water for the time determined according to AACC 66-55 (2000). After draining, the pasta was rinsed with 50ml of distilled water and held for 1 minute in 300ml of cold water. The time to start the measurement of stickiness was set at 10 minutes after draining. According to SMEWING (1997), stickiness is defined as the maximum peak force required to separate the probe from the sample surface after a certain time of contact. The higher the force value, the stickier the sample. Test conditions were: adhesive test, pre-test speed: 1.0mm/s, test speed: 0.50mm/s, post-test speed: 0.50mm/s, distance: 5mm, compression force: 1000g, compression time: 2s, trigger: auto -20g.

Elasticity

The pasta was cut into 28cm pieces and a 75g sample cooked in 900ml of distilled water for the time determined according to AACC 66-55 (2000). After draining, the pasta was washed with 150ml of distilled water and held for 1 minute in 900ml of cold water. The time for beginning the elasticity measurement was set at 10 minutes after draining. The maximum stress value indicates the sample resistance to break and the distance to break gives an indication of the extensibility

of the sample (SMEWING, 1997). Test conditions were: measurement of tension force, pre-test speed: 1.0mm/s, test speed: 3.0mm/s, post-test speed: 10.0mm/s, distance: 30mm, trigger : auto - 5g.

2.5 Statistical Analysis

Using the statistical software Statistica, the average responses of each of the 18 experiments were treated by a multiple regression analysis of the Response Surface Methodology to develop mathematical models of second order containing linear and quadratic terms and the interaction of the three independent variables. The general formula of these predictable models is represented by the equation:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{33}x_3^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \varepsilon$$

where: y_i = dependent variable

x_1, x_2, x_3 = codified levels of the independent variables

β_0 = static point

β_i = estimated coefficients by the minimum square method

ε = experimental error measured by residue

The analysis of variance (test F) was applied to evaluate the adequacy of the fitted models. Regression significance and the lack-of-fit were observed according to both the F test and the determination coefficient (R^2), which is the proportion of variation in the response attributed to the model rather than to random error (BARROS NETO et al., 1996). The effect of the independent variables in the responses evaluated was determined by three-dimensional and contour plots, in which one of the independent variables was fixed at the central point.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Rice flour and pre-gelatinized rice flour characteristics

The rice flour characteristics are shown in Tables 3 and 4.

TABLE 3. Chemical characterization of rice flours

Parameter (%) ¹	Rice flour	Pre-gelatinized rice flour
Moisture ²	10.72 (0.08)	7.92 (0.25)
Ash ³	0.41 (0.02)	0.51 (0.02)
Protein ⁴	7.5 (0.1)	7.0 (0.1)
Fat ⁵	0.46 (0.05)	1.79 (0.03)
Total Carbohydrates ⁶	80.91	82.78
Raw Fiber ⁷	0.3 (0.0)	0.4 (0.0)
Amylose ⁸	22.33 (0.15)	23.33 (0.23)

¹Average values from 3 trials. Standard-deviation in parentheses

Both flours presented intermediate amylose contents (above 22%) considered typical for rice varieties suitable for pasta manufacturing (KOHLWEY et al, 1995).

TABLE 4. Particle distribution of rice flours

Particle distribution (µm)	%flour retained by each sieve	
	Rice flour	Pre-gelatinized rice flour
> 300	9.79	12.52
180 - 300	9.91	39.73
125 - 180	4.49	20.18
88 - 125	0.17	16.84
62 - 88	75.63	10.72
< 62	0.01	0.01

3.2 Effect of independent variables on rice pasta cooking characteristics and texture

Averages of the experimental results of the cooking characteristics and the texture parameters are shown, respectively, on Tables 5 and 6. Table 7 summarizes the regression equations expressing cooking and texture characteristics as a function of the experimental variables.

The variables *weight* and *volume increases*, parameters resulting from water absorption during cooking, did not present significant regression models, indicating that the ingredients used in the different formulations of rice pasta had no influence on these variables. The results found for *weight increase* were lower than the values of 160 to 180% recommended by KRUGER et al. (1996) for wheat pasta. They were also much lower than the values found by BHATTACHARYA et al. (1999) who evaluated 11 different varieties of rice in pasta production using a process in which part of the flour (7%) was gelatinized and then mixed with the remaining ingredients. The product obtained from the pasta extruder was immediately cooked in boiling water for 2 minutes and dried. These authors found values between 248 and 296%. On the other hand, the values found in this work were closer to those found by TSAO et al. (1976) for rice pasta manufactured by cooking extrusion after being cooked for 10 minutes (135%). The citation of BHATTACHARYA et al. (1999) claiming that low weight increases were responsible for roughness in the pasta after cooking, was not confirmed in this study.

TABLE 5. Average experimental results for cooking characteristics

INDEPENDENT VARIABLES				DEPENDENT VARIABLES			
TEST	X1	X2	X3	COOKING TIME (min)	COOKING LOSS (%)	WEIGHT INCREASE (%)	VOLUME INCREASE (%)
1	-1	-1	-1	8.5	13.99 (0.18)	135.7 (2.5)	150 (0)
2	+1	-1	-1	9.0	13.24 (0.48)	135.8 (2.0)	175 (0)
3	-1	+1	-1	8.0	10.57 (0.15)	136.7 (0.4)	150 (0)
4	+1	+1	-1	9.5	13.24 (0.37)	129.4 (3.1)	150 (0)
5	-1	-1	+1	8.0	12.28 (0.16)	125.7 (1.2)	150 (0)
6	+1	-1	+1	9.0	14.62 (0.92)	134.5 (2.7)	167 (14)
7	-1	+1	+1	9.0	9.11 (0.78)	141.0 (4.2)	175 (0)
8	+1	+1	+1	9.5	10.43 (0.45)	142.0 (5.0)	175 (0)
9	- α	0	0	8.0	8.40 (0.22)	139.1 (0.7)	175 (0)
10	+ α	0	0	9.0	12.69 (0.29)	129.8 (3.2)	158 (14)
11	0	- α	0	8.5	17.38 (0.20)	133.4 (3.8)	167 (14)
12	0	+ α	0	8.5	10.21 (0.63)	141.6 (3.9)	167 (14)
13	0	0	- α	8.5	10.83 (0.78)	141.9 (3.2)	175 (0)
14	0	0	+ α	8.5	10.74 (0.74)	123.1 (2.8)	150 (0)
15	0	0	0	8.5	10.65 (0.33)	138.4 (1.3)	175 (0)
16	0	0	0	8.5	10.37 (0.15)	135.5 (0.7)	158 (14)
17	0	0	0	8.5	10.73 (0.53)	135.3 (2.7)	175 (0)
18	0	0	0	8.0	12.24 (0.33)	122.9 (1.9)	150 (0)

X1=amount of pre-gelatinized flour (%); X2=amount of emulsifier (%); X3=amount of dehydrated egg white (%). Standard deviation in parentheses.

According to BARROS NETO et al. (1996) the higher the determination coefficient (R^2), the better the fit of the model to the observed experimental results obtained. For the variable *cooking time*, the low R^2 (52,05%) may be explained by the methodology (AACC 66-50, 2000) used for its experimental determination, in which the degree of cooking was assessed every 30 seconds. The calculated

model was significant at 5% and showed no lack-of-fit, indicating that it could be used as a tendency, or rather, independent of the other variables, cooking time increasing with increases in the amount of pre-gelatinized rice flour (Table 7 and Figure 1). Similar results were obtained by BHATTACHARYA et al. (1999) who found cooking times between 4 and 5 minutes when 7% of the total flour used was pre-gelatinized.

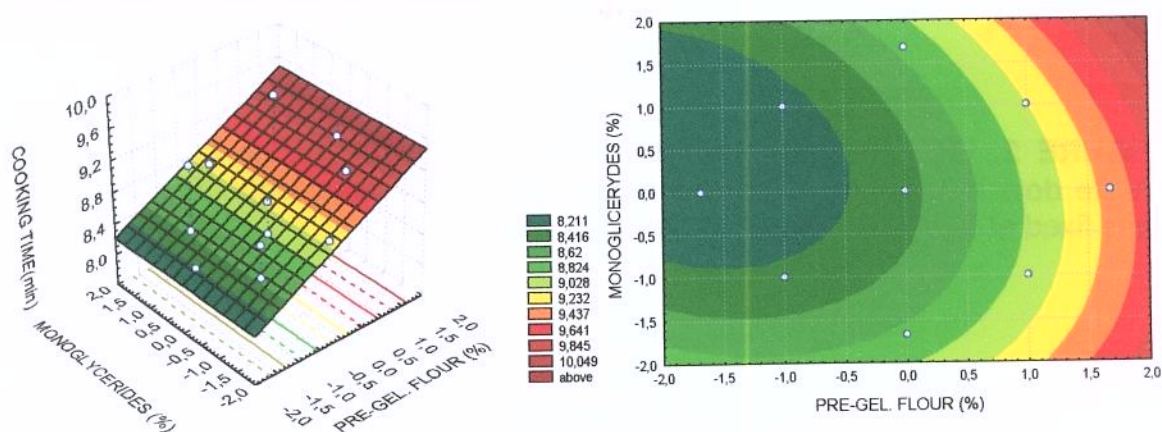


FIGURA 1. Effect of pre-gelatinized flour and monoglycerides on cooking time. White dots in the three-dimensional plot are experimental data. The variable X3 was fixed at 0 (amount of dehydrated egg white = 3.2%).

When the minimum amount of pre-gelatinized flour and the maximum amount of monoglycerides were used, a minimal *cooking loss* was obtained. This relationship could be explained by the water solubility of the gelatinized starch (LEACH, 1965) and by the formation of a complex between the monoglycerides and the amylose, decreasing the soluble solids loss to the cooking water by the non-conventional pasta (PAGANI, 1986) (Table 7 and Figure 2).

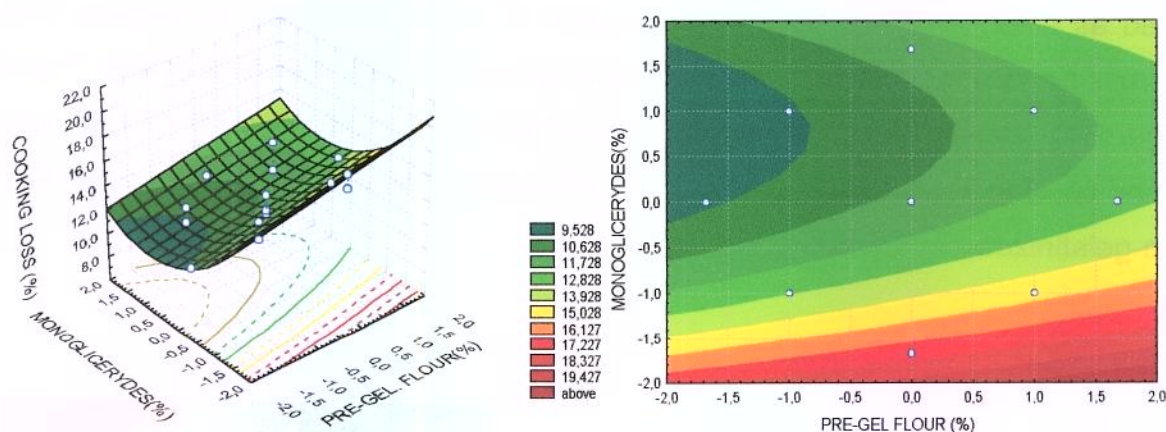


FIGURE 2. Effect of pre-gelatinized flour and monoglycerides on cooking loss. White dots in the three-dimensional plot are experimental data. The variable X3 was fixed at 0 (amount of dehydrated egg white = 3.2%).

The values for *cooking loss* found were lower than those obtained by TSAO et al. (1976) for rice pasta manufactured by cooking extrusion (19.9% and 22.9% for cooking times of 5 and 10 minutes, respectively) and by WANG et al. (1999) for pea pasta, also using extrusion cooking (20.5% after 10 minutes of cooking). On the other hand, BHATTACHARYA et al. (1999) obtained extremely low values (between 0.27% and 0.74%) which is not typical even for wheat pasta. It must be considered that these authors used a process in which the pasta was cooked in water during the process. It is possible that a great amount of soluble solids was lost during this step. According to HUMMEL (1966) cooking losses of up to 6% are typical for good quality pastas.

TABLE 6. Average experimental results for texture

TEST	INDEPENDENT VARIABLES			FIRMNESS (gf)	DEPENDENT VARIABLES STICKNESS (gf)	ELASTICITY	
	X1	X2	X3			Resistance to break (gf)	Extensibility (mm)
1	-1	-1	-1	210.09 (12.64)	95.00 (7.98)	25.38 (4.36)	9.52 (1.22)
2	+1	-1	-1	228.59 (11.64)	80.11 (10.27)	27.11 (3.94)	13.86 (1.60)
3	-1	+1	-1	185.11 (9.85)	74.89 (6.78)	18.92 (2.08)	7.48 (0.99)
4	+1	+1	-1	179.70 (13.85)	57.42 (5.30)	23.74 (3.95)	9.08 (1.64)
5	-1	-1	+1	235.94 (15.72)	79.22 (8.87)	23.98 (3.65)	9.46 (0.66)
6	+1	-1	+1	293.12 (26.82)	97.04 (10.39)	31.69 (2.95)	15.04 (1.66)
7	-1	+1	+1	218.57 (18.09)	57.22 (5.30)	30.25 (1.48)	13.08 (0.49)
8	+1	+1	+1	271.12 (32.56)	80.44 (7.25)	33.04 (3.02)	15.68 (1.36)
9	- α	0	0	254.96 (37.35)	80.87 (7.11)	25.03 (1.07)	11.29 (1.64)
10	+ α	0	0	276.36 (24.61)	76.14 (9.61)	41.87 (2.57)	15.98 (0.70)
11	0	- α	0	245.24 (11.50)	108.68 (3.67)	28.11 (2.49)	11.74 (1.38)
12	0	+ α	0	199.24 (12.58)	61.61 (2.86)	27.92 (2.85)	11.68 (0.68)
13	0	0	- α	200.15 (14.85)	81.39 (1.88)	18.89 (1.66)	8.83 (0.63)
14	0	0	+ α	294.14 (14.51)	78.38 (2.61)	37.50 (4.45)	14.29 (0.97)
15	0	0	0	232.68 (19.25)	75.57 (9.86)	23.56 (2.61)	10.21 (0.89)
16	0	0	0	250.06 (24.37)	82.90 (8.75)	22.21 (4.37)	10.38 (1.27)
17	0	0	0	251.15 (16.88)	78.12 (7.45)	23.49 (3.12)	8.67 (0.12)
18	0	0	0	235.66 (8.92)	73.41 (3.91)	23.30 (1.43)	8.92 (0.91)

X1=Amount of pre-gelatinized flour (%); X2=amount of emulsifier (%); X3=Amount of dehydrated egg white (%). Standard deviation in parentheses.

The model obtained for firmness (Table 7) shows the influence of the three ingredients evaluated. The importance of pre-gelatinized flour is explained by PAGANI (1986) and by JULIANO & SAKURAI (1985) who reported that in non-conventional pasta the gelatinized starch reacts as an adhesive, forming a cohesive network similar to gluten. According to HEMAVATHY & BAT (1994) the particle distribution of flours also has importance in the firmness of rice pasta. For

these authors, flours with a particle size between 125 and 178 μm provide pasta with better firmness characteristics. Very fine flour produces stickier, less firm pasta, whereas larger particles provide an extremely firm product with a rough surface.

As shown in Table 4 the pre-gelatinized flour had a more compatible particle distribution according to this recommendation, since the rice flour was characterized by a high percentage (above 75%) of particles below 125 μm . This difference can also explain the firmer pastas obtained when larger amounts of pre-gelatinized flour were used.

The addition of dehydrated egg white also showed a positive effect on the firmness of the pasta because it coagulates easily when heated, forming a network during cooking (PAGANI, 1986; DALBON, 1983; PAGANI et al, 1981). Figure 3 shows that the pasta becomes firmer when the amount of pre-gelatinized and dehydrated egg white was increased.

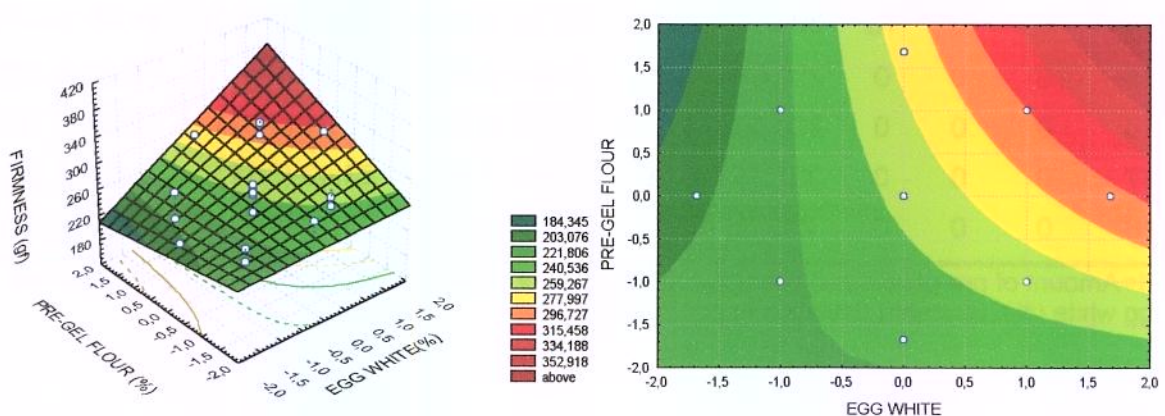


FIGURE 3. Effect of pre-gelatinized and dehydrated egg white on the firmness of rice pasta. White dots in three-dimensional plot are experimental data. The variable X_2 was fixed at 0 (amount of monoglycerides = 1.0%)

As for the parameter *cooking loss*, the proposed model for *stickiness* also showed the influence of monoglycerides in this parameter of texture. This relationship is also explained by PAGANI (1986) by the formation of complexes between the monoglycerides and the amylose fraction. Monoglycerides were also reported to influence the parameters *cooking loss* and *stickiness* by DEXTER et al. (1985), who showed correlation between these parameters. D'EGIDIO & NARDI (1996) showed correlation ($r = -0.94$) between stickiness and the total organic matter present in the rinsing water of wheat pasta after cooking. These authors also found that the starch, responsible for the stickiness, was the main component of the organic matter. Considering the formulation of the rice pasta studied and the characteristics of its components, starch is certainly the main component of the soluble solids present in the cooking water. Thus the interaction between the monoglycerides and the starch fraction can justify the lower cooking losses and the decrease in stickiness when the amounts of this ingredient are increased, as suggested by the models presented in Table 7 and shown in Figures 2 and 4.

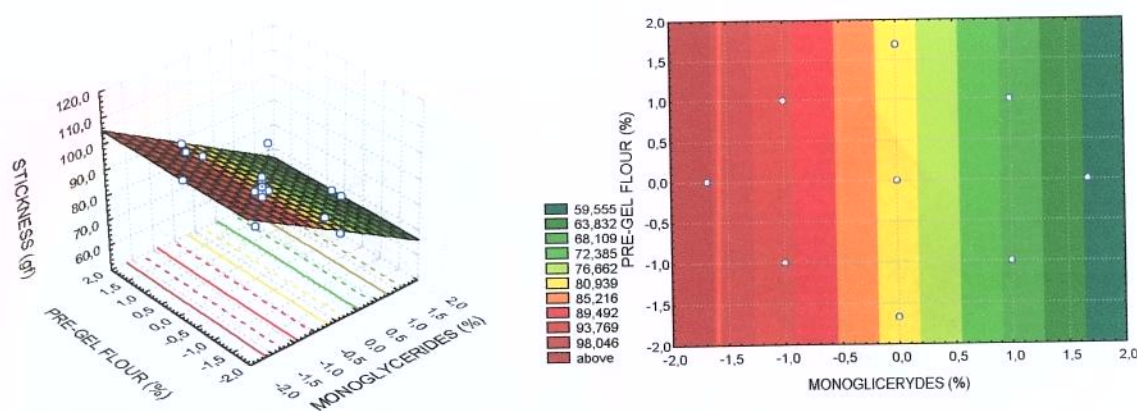


FIGURE 4. The effect of pre-gelatinized flour and monoglycerides on the stickiness of rice pasta. White dots in three-dimensional plot are experimental data. The variable X_3 was fixed at 0 (amount of dehydrated egg white = 3.2%).

The regression model developed for the *resistance to break* presented linear effects for the amounts of pre-gelatinized and dehydrated egg white and a

quadratic effect for the amount of egg white, significant at 5%, with an R^2 of 74.25%. However, it cannot be used for prediction due to a significant lack-of-fit. The model for *extensibility* (Table 7 and Figure 5) was significant and predictable, showing the influence of the three variables studied and the interactions between the amounts of pre-gelatinized flour and emulsifier and between the amounts of emulsifier and dehydrated egg white. The importance of the three variables was evident in the assessment of the *extensibility*, which was improved as the amounts of these ingredients increased.

With respect to the amounts of pre-gelatinized flour studied, it was shown that, in general, pastas with the levels $-\alpha$ and -1 were rather brittle after drying, becoming more vulnerable to problems during the stages of cutting, packaging and transportation. On the other hand, the levels $+1$ and $+\alpha$ provided very sticky pasta at the exit of the extruder, which represents an operational problem.

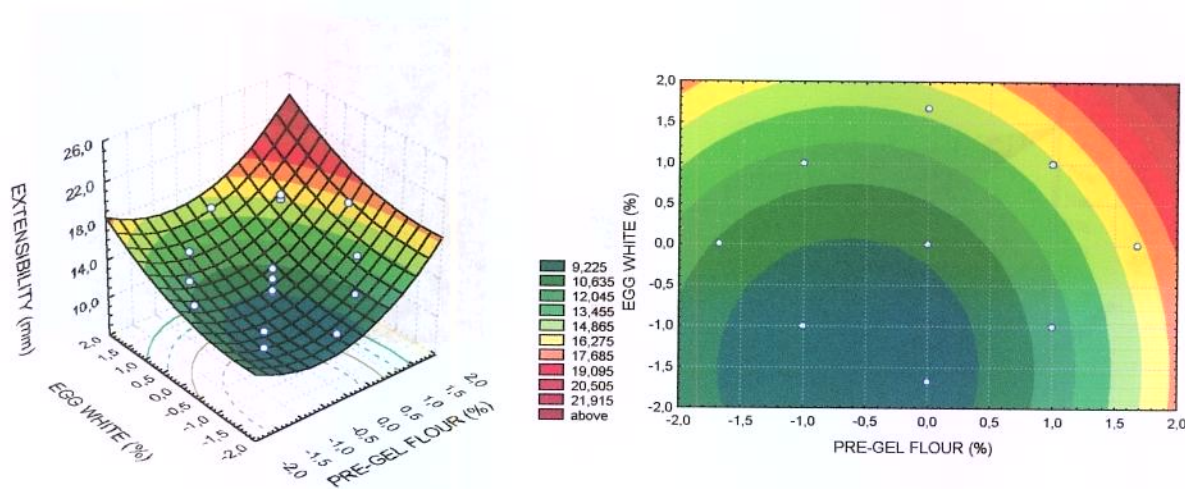


FIGURE 5. The effect of pre-gelatinized flour and dehydrated egg white on the extensibility of rice pasta. White dots in three-dimensional graph are experimental data. The variable X_2 was fixed at 0 (amount of monoglycerides = 1.0%).

TABLE 7. Regression models and determination coefficients (R^2) for the dependent variables which presented significant and predictable models

VARIABLE	MODEL*	R^2
Cooking time	$y_i = 8.6 + 0.38x_1$	52.05%
Cooking loss	$y_i = 10.93 + 0.93x_1 - 1.67x_2 + 1.09x_2^2$	82.48%
Firmness	$y_i = 245.36 + 11.64x_1 - 13.96x_2 - 11.33x_2^2 + 27.35x_3 + 12.08x_1x_3$	89.00%
Stickiness	$y_i = 78.80 - 11.76x_2 + 9.18x_1x_3$	91.42%
Extensibility	$y_i = 9.59 + 1.61x_1 + 1.27x_1^2 + 0.59x_2^2 + 1.65x_3 + 0.53x_3^2 - 0.72x_1x_2 + 1.39x_2x_3$	94.72%

y_i = generic response function; X_1 =amount of pre-gelatinized flour (%); X_2 =amount of emulsifier (%); X_3 =amount of dehydrated white (%); * $p \leq 0.05$ (probability level in F Test).

4. CONCLUSIONS

All the ingredients studied showed some influence on the quality of the rice pasta. The importance of both pre-gelatinized flour and dehydrated egg white was evident in the assessment of the parameters *firmness* and *extensibility*, which were improved as the amounts of these ingredients increased. Nevertheless, pasta with amounts of pre-gelatinized flour higher or lower than 40% was, respectively, sticky or brittle during processing. Thus amounts close to the central point (40%) are recommended for operational purposes.

With respect to the addition of distilled monoglycerides, the main action was in the reduction of *stickiness* and *cooking losses*.

For the parameters *cooking loss* and *extensibility*, the optimized formulation should contain dehydrated egg white and distilled monoglycerides in the direction of the maximum amounts of these ingredients (6.4% and 2.0% respectively).

5. REFERENCES

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**, 10th ed., St. Paul: AACC, 2000.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the AOAC**, 16th ed., Arlington: AOAC, 1995.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**, 2^a edição, Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1996.
- BHATTACHARYA, K.; ZEE, S.Y.; CORKE, H. Physicochemical properties relates to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry**, v.76, n. 6 , p.861 - 867, 1999.
- CUBADDA, R. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in Europe. In: FABRIANI,G.; LINTAS,C. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988, p.217 - 228.
- D'EGIDIO, M.G.; NARDI, S.; Textural measurement of cooked spaghetti. In: KRUGER, J.E.; MATSUO, R.B.; DICK, J.W. **Pasta and Noodle Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1996, p. 133 – 156.
- DALBON, G. Fattori che influiscono sulle caratteristiche di cottura delle paste alimentari e possibilità di migliorare le qualità con opportune tecnologie. **Tecnica Molitoria**, v.34, n. 8, p.553-563, 1983.
- 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**, v.3, n.1, p.39 – 53, 1985.

DIEMAIR, W. **Laboratoriumsbuch fur Lebensmittelchemiker**. 8 aufl. Dresden: Verlag von Theodor Steinkopff, 1963.

FEILLET, P. The biochemical basis of pasta cooking quality: its consequences for durum wheat breeders, **Sciences des Aliments**, v.4, n.4, p. 551 - 566, 1984.

HEMAVATHY, J.; BHAT, K.K. Effect of particle size on viscoamylographic behaviour of rice flour and vermicelli quality. **Journal of Texture Studies**, v.25, p.469 – 476, 1994.

HUMMEL, C. **Macaroni products**. London: Food Trade Press, 1966, 287p.

JULIANO, B.O.; SAKURAI, J. Miscellaneous rice products. In: JULIANO, B.O. **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985, p.569 - 618.

KOHLWEY, D.E.; KENDALL, J.H.; MOHINDRA, R.B. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. **Cereal Foods World**, v. 40, n.10, p. 728 - 732, 1995.

KRUGER, J.E.; MATSUO, R.B.; DICK, J.W. **Pasta and Noodle Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1996, 356p.

LEACH, H.W. Gelatinization of starch. In: WHISTLER, R.L. & PASCHALL, E.F. **Starch: Chemistry and Technology**. New York: Academic Press, 1965, p. 289 – 307.

MESTRES, C.; COLONNA, P.; BULEON, A. Characteristics of starch networks within rice flour noodles and mungbean starch vermicelli. **Journal of Food Science**, v. 53, n.6, p.1809-1812, 1988.

MISKELLY, D.M. Noodles - a new look at an old food. **Food Australia**, v.45, n.10, p.496-500, 1993.

ORMENESE, R.C.S.C. Influência da adição de emulsificantes nas características de cozimento do macarrão de Arroz obtido pelo processo convencional de produção de massas alimentícias. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.2, p. 754 – 757, 1998.

ORMENESE, R.C.S.C.; FARIA, E.V.; GOMES, C.R.; YOTSUYANAGI, K. Massas alimentícias não convencionais à base de arroz – perfil sensorial e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.4, p. 67 – 74, 2001.

PAGANI, A.; RESMINI, P; DALBON, G. Formulazione e produzione di paste alimentari a partire da materie prime non convenzionali. **Tecnica Molitoria**, v.32, n.5, p.1-24, 1981.

PAGANI, M.A. Pasta products from non conventional raw materials. In: MERCIER, C.; CANTARELLI, C. **Pasta and Extrusion Cooked Foods - Some Technological and Nutricional Aspects**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986, p. 52 - 68.

SMEWING, J. Analyzing the texture of pasta for quality control. **Cereal Foods World**, v.42, n.1, p.8 – 12, 1997.

STABLE MICRO SYSTEMS. **User Manual**. Texture Analyser modelo TA-XT2i, Godalming, version 6.10 e 7.10, agosto de 1997, 87p.

TSAO, T.; BEETNER, G.; LORENZ, K.; FREY, A. Extrusion processing of instant rice spaghetti. **Lebensmittel Wissenschaft Technologie**, v.9, n.2, p. 96 - 98, 1976.

WANG, N.; BHIRUD, P.R.; SOSULSKI, F.W.; TYLER, R.T. Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. **Journal of Food Science**, v. 64, n.4, p.1671 – 678, 1999.

**Artigo submetido ao
Brazilian Journal of Food
Technology**

CAPÍTULO 3

MACARRÃO DE ARROZ: CARACTERÍSTICAS DE COZIMENTO E TEXTURA EM COMPARAÇÃO COM O MACARRÃO CONVENCIONAL E ACEITAÇÃO PELO CONSUMIDOR

RESUMO

O comportamento das massas alimentícias durante e após cozimento é o parâmetro de qualidade de maior importância para os consumidores desse produto. Além do sabor e do aroma, estão incluídos nestes parâmetros o tempo de cozimento, a quantidade de água absorvida, a textura da massa (firmeza, mastigabilidade e elasticidade) além da pegajosidade e da perda de sólidos solúveis, características relacionadas à superfície da massa. O objetivo deste trabalho foi comparar uma amostra de macarrão de arroz obtida em um estudo prévio em que se avaliou o efeito dos ingredientes da formulação, com uma amostra padrão de macarrão de trigo, no que diz respeito às características de cozimento e de textura, visando conhecer o quão similares elas são em relação a esses parâmetros de qualidade, considerados os principais para massas alimentícias. Buscou-se ainda conhecer a aceitação do macarrão de arroz junto a consumidores portadores da doença celíaca, público-alvo deste produto. O produto estudado mostrou-se similar ao padrão no que diz respeito às características de cozimento (perda de sólidos solúveis, aumento de peso e de volume). Mostrou-se ainda mais firme e menos pegajoso que o macarrão convencional. Quanto à elasticidade, embora sua resistência à quebra seja similar a do macarrão de trigo, sua extensibilidade é bem menor. O produto foi bem aceito pelo seu público-alvo, apresentando índices de aceitação superiores a 80% para todas as características avaliadas (aparência antes e após preparo, aroma, sabor e textura) e intenção de compra também superior a 80%.

Palavras-chave: macarrão de arroz; aceitabilidade; doença celíaca

SUMMARY

RICE PASTA: COOKING QUALITY AND TEXTURE COMPARED TO CONVENTIONAL PASTA AND ACCEPTANCE BY CONSUMERS. Pasta behavior during and after cooking is the most important quality parameter for consumers. Besides taste and aroma, parameters such as cooking time, water uptake, texture (firmness, chewiness, elasticity) and characteristics related to the pasta surface (stickiness and cooking loss) are among the parameters of great importance for pasta. The purpose of this paper was to compare a sample of rice pasta, which was obtained in a previous study in which the effect of the formulation ingredients was evaluated, to a reference sample of wheat pasta. Cooking and texture characteristics were compared in order to know how similar both samples are in relation to these main quality parameters for pasta. It was also the aim of this research to know the acceptability of that rice pasta by celiac patients, target consumers of this kind of product. Rice pasta sample was similar to the reference on the main cooking characteristics (cooking loss, weight and volume increase). It was firmer and less sticky than the conventional pasta. Related to elasticity, although break strength is similar to wheat pasta, rice pasta extensibility is very low. This product was well accepted by its target consumers, presenting acceptance greater than 80% for all the evaluated characteristics (appearance before and after preparation, aroma, taste and texture) and intention of buying also greater than 80%.

Key words: rice pasta; acceptability; celiac disease

1. INTRODUÇÃO

O comportamento das massas alimentícias durante e após cozimento é o parâmetro de qualidade de maior importância para os consumidores desse produto em todo o mundo. Além do sabor e do odor, estão incluídos nestes parâmetros o tempo de cozimento, a quantidade de água absorvida, as propriedades reológicas da massa (firmeza, mastigabilidade e elasticidade) e as características da superfície (pegajosidade, desintegração e perda de sólidos solúveis) (KRUGER et al., 1996). Mundialmente, existe consenso de que as diferenças na qualidade de cozimento das massas tradicionais podem ser explicadas pela variação no teor e na composição da proteína do trigo e do seu material farináceo (AUTRAN et al., 1986; D'EGIDIO et al., 1990; MATSUO et al., 1982) sendo o teor protéico responsável por dois terços dessas diferenças e a variação da composição da proteína responsável pelo um terço restante (KRUGER et al., 1996; MATSUO et al., 1982). No caso das massas alimentícias não convencionais, procura-se formar uma estrutura semelhante a do glúten através do emprego de tecnologias que explorem as propriedades funcionais do amido presente na matéria-prima ou através da adição de farinhas ricas em proteínas ou de aditivos (PAGANI, 1986).

O objetivo deste trabalho foi comparar uma amostra de macarrão de arroz obtida em um estudo prévio em que se avaliou o efeito dos ingredientes da formulação, com uma amostra padrão de macarrão de trigo, no que diz respeito às características de cozimento e de textura, visando conhecer o quão similares elas são em relação a esses principais parâmetros de qualidade para massas alimentícias. Buscou-se ainda conhecer a aceitação desse macarrão de arroz junto a consumidores portadores da doença celíaca, público-alvo deste produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matérias-primas

Como matéria-prima do macarrão convencional foi utilizada farinha de trigo com características adequadas à produção de massas alimentícias. Esta farinha foi caracterizada quanto ao teor de umidade (Método AACC 44-15A, 2000), teor de glúten (Método AACC 38-12, 2000), atividade enzimática através do *Falling Number* (Método AACC 56-81B, 2000) e características reológicas através do alveógrafo Chopin (Método AACC 54-30, 2000).

As matérias-primas do macarrão de arroz foram a farinha de arroz e a farinha de arroz pré-gelatinizada de marca comercial CEREALTEC fornecidas pela empresa Cerealle Indústria e Comércio de Cereais Ltda. Ambas as farinhas foram caracterizadas quanto ao teor de amilose utilizando o espectrofotômetro de infravermelho próximo PERSTOP, modelo 6500, ajustado com curva de calibração fornecida pela Universidade de Louisiana, LA, EUA após passagem das amostras por peneira de mesh 60. O perfil granulométrico das farinhas foi avaliado em jogo de peneiras vibratórias Produtest por 10 minutos.

2.2 Ingredientes e aditivos

Utilizou-se clara de ovo desidratada fornecida pela empresa Ito Avicultura e o emulsificante Monoglicerídeos destilados com no mínimo 90% de monoglicerídeos de nome comercial DMG-03, fornecido pela empresa ADM – Archer Daniels Midland Company. Como corante foi utilizado o β -caroteno hidrossolúvel fornecido pela Importadora Brastóquio.

2.3 Processo de obtenção do macarrão

Para a fabricação do macarrão de arroz produzido pelo processo convencional, as quantidades de farinha pré-gelatinizada (40%), monoglicerídeos destilados (2,0%) e clara de ovo desidratada (6,4%) foram selecionadas a partir de estudo prévio em que, através da Metodologia de Superfície de Resposta, estudou-se o efeito desses ingredientes nas características de cozimento e de textura do macarrão.

Na produção das amostras de macarrão de arroz, os pós foram previamente misturados por 5 minutos para a completa homogeneização. Em seguida, a água (41,25%) e o corante (0,04%) foram adicionados, continuando-se a homogeneização por mais 15 minutos. No processo de obtenção do macarrão padrão, adicionou-se água (32,5%) e corante β -caroteno (0,0175%) à farinha de trigo e misturou-se por 15 minutos. Todas as porcentagens são expressas em relação ao total das farinhas.

As massas foram então extrusadas e cortadas no formato de massa longa do tipo *fettuccini* em extrusora-piloto da marca Braibanti com capacidade para 12Kg. Os produtos foram secos através do processo de alta temperatura em secador do tipo estático da marca Proctor-Schwartz, com injeção de vapor e controles das temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido. A circulação de ar no interior do secador é no sentido horizontal e com velocidade média de 3m/s. As condições de tempo de residência, umidade relativa (UR), e temperaturas de bulbo seco (Tbs) e de bulbo úmido (Tbu) empregadas foram previamente determinadas (ORMENESE, 1998) e estão descritas na Tabela 1.

TABELA 1. Condições do processo de secagem

Fase	Tempo (min)	Tbs (°C)	Tbu (°C)	UR (%)
1	75	90	86	86
2	30	62	59	86
3	30	50	47,5	87

2.4 Avaliação das amostras de macarrão

Para efeito de comparação entre o macarrão de trigo e o de arroz foram avaliados os seguintes parâmetros:

2.4.1 Teor de umidade

Conforme AACC 44-15A (2000).

2.4.2 Características de cozimento

Os parâmetros: tempo, aumento de peso, aumento de volume e perda de sólidos solúveis foram determinados segundo AACC 66-50 (2000). Com exceção do tempo de cozimento, os demais parâmetros foram analisados em triplicata.

2.4.3 Textura

Medida em aparelho texturômetro TA-XT2i (STABLE MICRO SYSTEMS, 1997) com os corpos de prova A/LKB-F, HDP/PFS e A/SPR, para avaliação dos parâmetros “firmeza”, “pegajosidade” e “elasticidade”, respectivamente. Os resultados de cada parâmetro foram obtidos através da média aritmética de 5 leituras. A forma de preparo das amostras e as condições empregadas na análise de cada parâmetro são apresentadas abaixo:

Firmeza

Os fios de macarrão foram cortados com 5cm de comprimento e cozidos em água destilada na proporção de 300ml de água para 25g de massa durante tempo determinado conforme AACC 66-50 (2000). Após drenagem da água de cozimento, a massa foi lavada com 50ml de água destilada e mantida durante 1 minuto em 300ml de água fria. A água foi drenada e as leituras referentes à força máxima necessária para cortar o macarrão foram feitas no aparelho texturômetro TA-XT2i, indicando a firmeza das diferentes massas. A operação do aparelho

seguir as seguintes condições: medida de força em compressão, velocidade de pré-teste: 0,50mm/s, velocidade de teste: 0,17mm/s, velocidade de pós-teste: 10,0mm/s, distância: 4,5mm, *trigger*: base (altura inicial de 5mm).

Pegajosidade

Os fios de macarrão foram cortados com 9cm de comprimento e cozidos em água destilada na proporção de 300ml de água para 25g de massa durante tempo determinado conforme AACC 66-50 (2000). Após drenagem da água de cozimento, a massa foi lavada com 50ml de água destilada e mantida durante 1 minuto em 300ml de água fria. A água foi drenada e a massa mantida em repouso por 10 minutos antes da realização das leituras no aparelho texturômetro. Segundo SMEWING (1997), a pegajosidade da massa é definida como a força máxima necessária para separar o probe da superfície da amostra após um tempo de contato. Quanto maior essa força, maior a pegajosidade da amostra. Condições de operação do aparelho: teste de adesividade, velocidade de pré-teste: 1,0mm/s, velocidade de teste: 0,50mm/s, velocidade de pós-teste: 0,50mm/s, distância: 5,0mm, força: 1000g, tempo de compressão: 2s, *trigger*: auto – 20g.

Elasticidade

Os fios de macarrão foram cortados com 28cm de comprimento e cozidos em água destilada na proporção de 900ml de água para 75g de massa durante tempo determinado conforme AACC 66-50 (2000). Após drenagem da água de cozimento, a massa foi lavada com 150ml de água destilada e mantida durante 1 minuto em 900ml de água fria. A água foi drenada e a massa mantida em repouso por 10 minutos antes da realização das leituras no texturômetro.

A resistência da massa à quebra e sua extensibilidade foram medidas, respectivamente, através dos parâmetros “força máxima” e “distância” (SMEWING, 1997). Condições de operação do aparelho: medida de força em

tensão, velocidade de pré-teste: 1,0mm/s, velocidade de teste: 3,0mm/s, velocidade de pós-teste: 10,0mm/s, distância: 30mm, *trigger*: auto - 5g.

2.5 Teste de aceitabilidade

O macarrão de arroz foi apresentado a 42 potenciais consumidores, todos portadores de doença celíaca, e avaliado a partir de um questionário contendo questões relacionadas à faixa etária e aos hábitos de consumo de macarrão e de produtos alternativos aos de trigo segundo questionário de frequência de consumo sugerido por MEISELMAN (1987).

A aceitabilidade do macarrão de arroz foi avaliada por meio de teste *in house*, ou seja, os consumidores receberam uma amostra do produto com instruções quanto ao tempo de cozimento e uso do molho de sua preferência, tendo sido solicitado que avaliassem o quanto gostaram ou desgostaram do produto quanto a: aparência antes e após preparo, aroma, sabor e textura/sensação na boca utilizando uma escala hedônica de 9 pontos (1=detestei, 5=nem gostei/nem desgostei, 9=adorei), além da descrição dos gostos e desgostos relacionados ao produto. Os provadores foram também questionados sobre sua intenção de compra caso o produto avaliado estivesse à venda. Utilizou-se escala em que 1=certamente não compraria, 3=talvez comprasse/talvez não comprasse e 5=certamente compraria. A aceitação do produto e a intenção de compra foram avaliadas através de histograma de barras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da farinha de trigo e das farinhas de arroz

Os resultados das análises de caracterização da farinha de trigo utilizada como matéria-prima do macarrão convencional são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Características da farinha de trigo

Análise	Média
Umidade ¹ (%)	13,12 (0,06)
Teor de glúten	
úmido ² (%)	19,8 (0,14)
seco ² (%)	7,5 (0,28)
Atividade enzimática	
<i>Falling number</i> ² (s)	312 (1,7)
Parâmetros alveográficos	
Pressão máxima - P (mm)	125
Abcissa média de ruptura - L (mm)	35
Índice de configuração da curva - P/L	3,57
Energia de deformação da massa - W (10 ⁻⁴ J)	200

¹Análise realizada em triplicata; ²Análise realizada em duplicata

Embora a farinha de trigo tenha apresentado baixo teor de glúten, suas características reológicas, medidas através do Alveógrafo, são típicas de farinhas fortes que podem ser utilizadas para a produção de massas alimentícias. Seu valor de *Falling Number* também pode ser considerado adequado à produção de massas. KRUGER et al. (1996) citam que embora os fabricantes de massas continuem a especificar um valor mínimo para o número de queda, acreditando que a germinação do grão esteja relacionada à menor qualidade da massa alimentícia, estudos têm demonstrado que a qualidade do macarrão não é afetada pela germinação. Um pequeno aumento na perda de sólidos solúveis e um pequeno decréscimo na firmeza da massa foram verificados quando o *Falling Number* caiu abaixo de 150 segundos. Para estes autores, durante o processamento, a ação da α -amilase é limitada pelo baixo teor de umidade das massas e pelo seu rápido decréscimo durante a secagem. No cozimento, a α -amilase é rapidamente inativada quando o macarrão é colocado na água em ebulição.

A farinha de arroz e a farinha de arroz pré-gelatinizada apresentaram, respectivamente, teores de amilose de 22,33% e 23,33% com desvios-padrão de 0,15% e 0,23%. Valores acima de 22% são considerados intermediários e típicos

de variedades de arroz que melhor se adequam à produção de macarrão (KOHLWEY et al., 1995). Os perfis granulométricos das farinhas de arroz são apresentados na Tabela 3. Enquanto a farinha de arroz é composta principalmente de partículas finas, a farinha pré-gelatinizada apresenta alto percentual de partículas grossas, acima de 180 μ m. Segundo HEMAVATHY & BHAT (1994) macarrões obtidos de farinhas de arroz muito finas apresentam-se pegajosos e pouco firmes enquanto que partículas mais grossas dão origem a massas demasiadamente firmes e com superfície áspera. Os melhores resultados obtidos por estes autores foram com farinhas de granulometria média de 138 μ m (125 - 152 μ m) e de 165 μ m (153 - 178 μ m). As massas apresentaram-se firmes e com a superfície lisa.

Embora as farinhas utilizadas neste trabalho não apresentassem os perfis granulométricos mais adequados, foram utilizadas uma vez que procurou-se empregar materiais facilmente disponíveis no mercado.

TABELA 3. Perfil granulométrico das farinhas de arroz

Tamanho das partículas (μ m)	Quantidade de farinha retida em cada peneira (%)	
	Farinha de arroz	Far. de arroz pré-gelatinizada
> 300	9,79	12,52
180 - 300	9,91	39,73
125 - 180	4,49	20,18
88 - 125	0,17	16,84
62 - 88	75,63	10,72
< 62	0,01	0,01

3.2 Características de cozimento e de textura das massas de trigo e de arroz

As médias dos resultados experimentais das características de cozimento e de textura das duas massas estudadas são mostradas na Tabela 4.

TABELA 4. Características de cozimento e de textura das amostras de macarrão de trigo e de arroz

Parâmetro	Macarrão	
	Trigo	Arroz
Umidade ¹ (%)	12,61 (0,07) ^b	12,85 (0,01) ^a
Características de cozimento		
Tempo de cozimento (min)	7,5	11,0
Perda de sólidos solúveis ¹ (%)	6,00 (0,21) ^a	5,86 (0,34) ^a
Aumento de peso ¹ (%)	152,0 (2,8) ^a	151,6 (1,9) ^a
Aumento de volume ¹ (%)	175 (0) ^a	175 (0) ^a
Textura		
Firmeza ² (gf)	182,23 (5,65) ^b	225,59 (11,01) ^a
Pegajosidade ² (gf)	148,69 (2,87) ^a	63,92 (4,39) ^b
Elasticidade		
Resistência à quebra ² (gf)	24,92 (1,61) ^a	24,78 (1,33) ^a
Extensibilidade ² (mm)	25,73 (2,18) ^a	11,41 (1,62) ^b

¹Médias de 3 repetições; ²Médias de 5 leituras; Desvios-padrão entre parênteses.

Para cada parâmetro avaliado, médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente a nível de 5% de significância

O macarrão de arroz apresentou teor de umidade significativamente superior ao macarrão de trigo em função da maior quantidade de água empregada no preparo da massa (41,25% e 32,5%, respectivamente para as massas de arroz e de trigo). Como foram utilizados os mesmos parâmetros de secagem para ambas as massas, o macarrão de arroz apresentou umidade final maior, mas em conformidade com a legislação brasileira, que estabelece teor de umidade máximo de 13% para as massas secas (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2000).

Como para a determinação do *tempo de cozimento* a metodologia não estabelece a realização de repetições (AACC 66-50, 2000), não foi realizada a avaliação deste parâmetro através da Análise de Variância e do Teste de Tukey embora o valor apresentado pelo macarrão de arroz seja visivelmente superior ao do macarrão de trigo.

Segundo os critérios de HUMMEL (1966), perdas de sólidos de até 6% são características de massas de trigo de qualidade muito boa, até 8% de massas de média qualidade e valores iguais ou superiores a 10% são característicos de massas de qualidade ruim. DONNELLY (1979) também considera 8% como o valor máximo aceitável para a perda de sólidos na água de cozimento.

Os parâmetros *aumento de peso* e *aumento de volume* estão relacionados à capacidade de absorção de água das massas e dependem do formato do macarrão. Para KRUGER et al. (1996), as massas à base de trigo devem apresentar aumento de peso de 160 a 180%. Segundo DONNELLY (1979), o aumento de peso deve ser da ordem de 200 a 250% enquanto HUMMEL (1966) cita valores mínimos de 100%. Segundo o critério deste autor, ambas as massas apresentaram aumentos de peso satisfatórios. Quanto ao *aumento de volume*, HUMMEL (1966) classifica como bom valores na faixa de 200 a 300%.

Não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras estudadas no que diz respeito aos parâmetros *perda de sólidos solúveis*, *aumento de peso* e *aumento de volume* mostrando que a formulação de macarrão de arroz selecionada dá origem a um produto de qualidade similar ao convencional, no que se refere às características de cozimento.

Na avaliação estatística dos diferentes parâmetros de textura estudados, verificou-se que o macarrão de arroz apresentou-se significativamente ($p \leq 0,05$) mais firme e menos pegajoso que o padrão. Quanto à elasticidade, o macarrão de arroz apresentou *resistência à quebra* igual ($p \leq 0,05$) e *extensibilidade* inferior ($p \leq 0,05$) à do macarrão de trigo. KRUGER et al., (1996) explicam que nas massas à base de trigo, as proteínas deste cereal são ligadas por pontes dissulfeto e de hidrogênio e por ligações hidrofóbicas que formam uma matriz que confere à massa cozida suas características viscoelásticas. Apesar da adição de grandes quantidades de farinha pré-gelatinizada, clara de ovo desidratada e

monoglicerídeos ao macarrão de arroz produzido pelo processo convencional não ter conferido tais características viscoelásticas, dentre os parâmetros estudados somente a *extensibilidade* foi inferior à do produto tradicional.

3.3 Aceitação do macarrão de arroz

Dentre os 42 consumidores potenciais que receberam as amostras de macarrão de arroz, 32 efetivamente avaliaram-na e retornaram a ficha de avaliação. Quanto à faixa etária, 22% dos membros deste grupo são crianças com menos de 10 anos, 28% têm idade entre 10 e 19 anos e 41% entre 20 e 49 anos, sendo 78,1% do sexo feminino e 21,9% do sexo masculino. Destes, 68,8% disseram adorar ou gostar muito de macarrão, 18,8% disseram gostar moderadamente e 12,5% responderam ser indiferentes, quando questionados sobre o quanto gostam ou desgostam de macarrão.

Na Tabela 5 são apresentados os dados relativos à frequência de consumo de alimentos alternativos ao trigo dos 32 celíacos que avaliaram o macarrão de arroz. O arroz é o alimento mais consumido por estes celíacos sendo que 92% dos pesquisados responderam consumi-lo pelo menos uma vez por dia. O creme e o macarrão de arroz tipo “bee-hoon” são consumidos com frequência mínima semanal, respectivamente, por 48% e 41% dos celíacos. A batata também mostrou ser um alimento bastante consumido. 96% e 53% dos pesquisados responderam se alimentar de batata ou sua fécula pelo menos uma vez por semana. O fubá e o amido de milho (maizena) são, respectivamente, incluídos na dieta de 50% e 46% dos celíacos pelo menos semanalmente. Quanto à mandioca, 44% responderam consumi-la na forma *in natura* ou como fécula e polvilho pelo menos uma vez por semana sendo que a farinha de mandioca é consumida com a mesma frequência por 48% dos celíacos que participaram da pesquisa.

O fato de o arroz estar presente com alta frequência na alimentação dessa população pode ser considerado um bom indicativo da facilidade de aceitação do

produto estudado. Complementarmente, segundo pesquisa feita pela ACELBRA (2001), quando se perguntou aos portadores da doença celíaca sobre quais produtos sem glúten eles gostariam de encontrar com facilidade, o macarrão foi a resposta obtida por 21% dos pesquisados.

TABELA 5. Frequência de consumo de alimentos alternativos ao trigo pertencentes ao hábito alimentar de portadores da doença (n=32 celíacos)

Produto	Mais de 3 vezes por dia	De 2 a 3 vezes por dia	1 vez por dia	5 a 6 vezes por semana	2 a 4 vezes por semana	1 vez por semana	1 a 3 vezes por mês	Nunca/ Quase nunca
Arroz	8%	48%	36%	8%				
Creme de arroz	4%		8%	12%	12%	16%	16%	32%
Macarrão de arroz			4%		4%	33%	26%	33%
Milho verde				4%	8%	16%	52%	20%
Farinha de milho					4%	17%	50%	29%
Fubá		4%	4%	4%	13%	25%	42%	8%
Maizena		4%	4%	4%	15%	19%	42%	12%
Macarrão de milho					4%	9%	13%	74%
Batata		4%	12%	22%	46%	12%	4%	
Fécula de batata		8%	4%	8%	8%	25%	18%	29%
Mandioca		4%	4%	4%		32%	40%	16%
Fécula e polvilho de mandioca		8%			12%	24%	28%	28%
Farinha de mandioca		8%	4%		24%	12%	32%	20%
Cereais matinais		4%	8%	4%	16%	4%	12%	52%

Na Figura 1 é apresentada a distribuição das notas atribuídas pelos consumidores à amostra de macarrão de arroz avaliada, enquanto na Tabela 6 são apresentadas as porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição ao produto, para cada atributo avaliado.

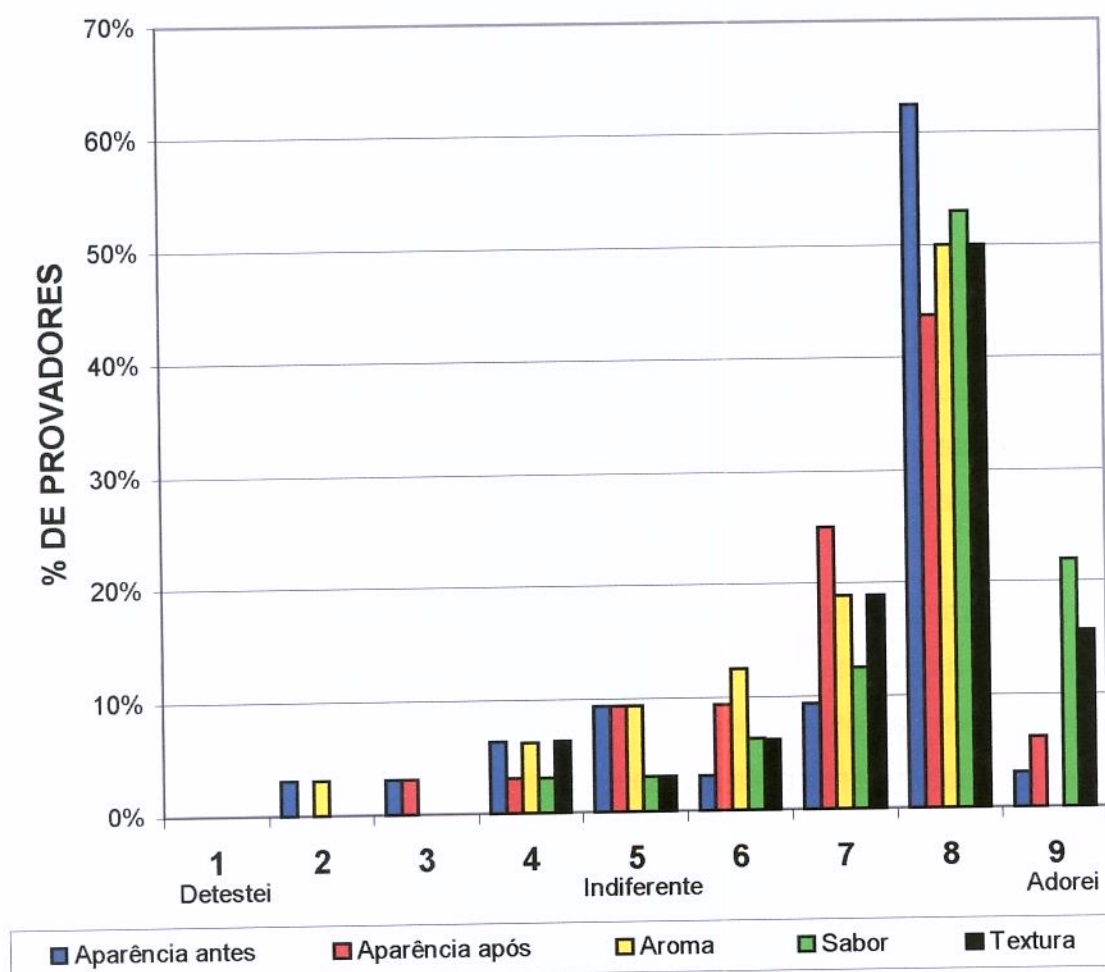


FIGURA 1. Distribuição dos valores da escala atribuídos pelos consumidores celíacos à aparência antes e após preparo e ao aroma, sabor e textura do macarrão de arroz.

TABELA 6. Porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição do macarrão de arroz para os atributos avaliados pelos consumidores celíacos.

Atributo	Aceitação (%)	Indiferença (%)	Rejeição (%)
Aparência antes do preparo	78,1	9,4	12,5
Aparência após preparo	84,4	9,4	6,2
Aroma	81,3	9,4	9,3
Sabor	93,8	3,1	3,1
Textura	90,6	3,1	6,3

Para todos os atributos avaliados, o produto pode ser considerado bem aceito uma vez que houve grandes porcentagens de aceitação (notas correspondentes à classificação entre “gostei ligeiramente” e “adorei”). Na comparação com trabalho anterior (ORMENESE et. al, 2001) em que os níveis de aceitação dos consumidores quanto aos atributos *aparência após preparo* e *textura* foram, respectivamente, de 62% e 72,4%, verifica-se que o aumento da clara de ovo desidratada de 3,0% para 6,4% e dos monoglicérides destilados de 1,4% para 2,0% refletiu na maior aceitação por parte dos consumidores no que diz respeito a estes atributos. Como estes estão diretamente relacionados aos parâmetros de cozimento e de textura instrumental discutidos no item 3.2, este resultado era esperado.

Embora as alterações feitas na formulação não visassem mudanças no aroma e no sabor da massa, as porcentagens de aceitação obtidas para estes atributos foram bastante superiores aos encontrados no trabalho anterior (62,0% e 77,7%, respectivamente para aroma e sabor).

Dentre os pontos fortes do produto, citados pelos consumidores quando questionados sobre o que mais gostaram, estão o sabor (38% dos consumidores), a textura (31% dos consumidores) e a aparência antes do preparo (15% dos consumidores). Houve menções positivas quanto à facilidade no preparo, à similaridade com o macarrão de trigo e a possibilidade de voltar a comer macarrão, além da melhoria deste produto em relação à amostra anteriormente avaliada (ORMENESE et. al, 2001).

Como pontos fracos, traduzidos pelas citações negativas dos consumidores, estão a aparência e a tendência à quebra do macarrão após preparo (19% dos consumidores), havendo, certamente, influência da segunda característica citada sobre a primeira. A aparência do produto antes do preparo foi citada por 15% dos consumidores como uma característica negativa.

Quando questionados se os fios quebraram durante o cozimento, se o macarrão ficou grudento e se a água de cozimento ficou muito “branca”, as porcentagens de respostas positivas para cada uma das questões foram, respectivamente: 24%, 8% e 37,5%. A percepção dos consumidores quanto às características do macarrão não ser grudento e apresentar tendência à quebra durante o preparo são compatíveis com os resultados obtidos nas análises de textura instrumental para os parâmetros pegajosidade e elasticidade.

A intenção de compra dos consumidores é mostrada na Figura 3, tendo o produto alcançado 81,3% das intenções de compra. Do total de celíacos que avaliaram o produto, 12,5% mostraram-se em dúvida sobre a compra e 6,2% responderam que provavelmente não comprariam este macarrão, sendo estes consumidores que responderam inicialmente nem gostar nem desgostar de macarrão.

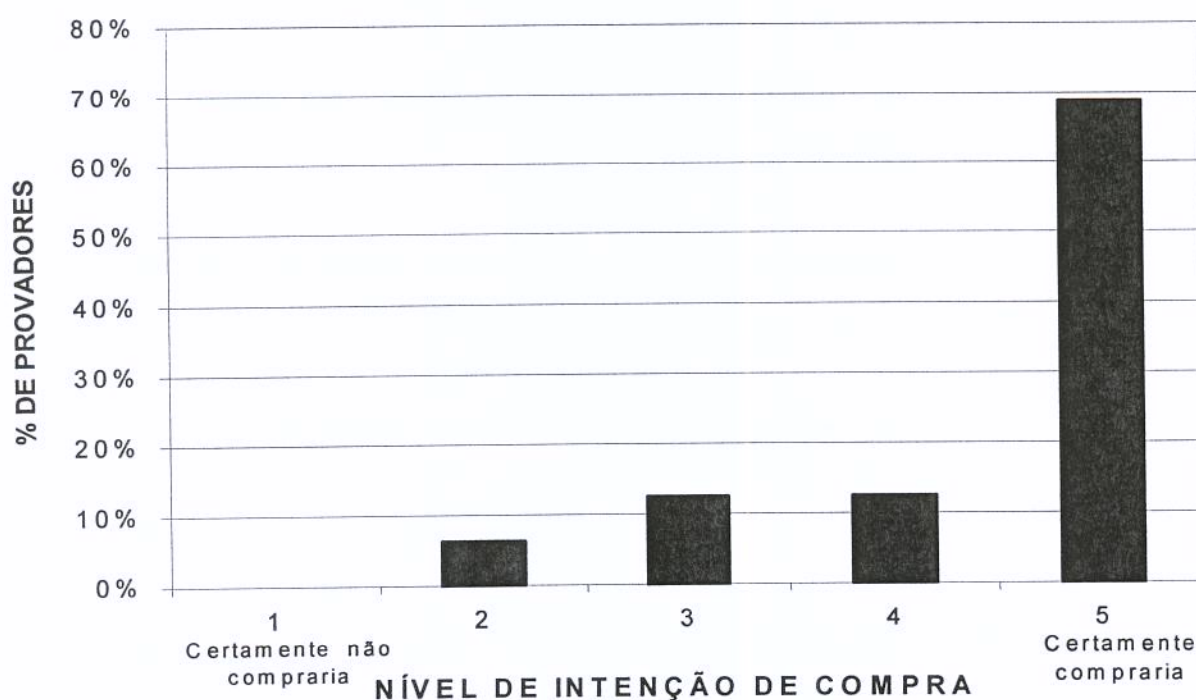


FIGURA 3. Intenção de compra dos provadores de macarrão de arroz

4. CONCLUSÃO

O macarrão de arroz estudado mostrou-se similar ao de trigo no que diz respeito às principais características de cozimento: perda de sólidos solúveis, aumento de peso e de volume. Mostrou-se ainda mais firme e menos pegajoso que o macarrão de trigo (convencional). Quanto à elasticidade, embora sua resistência à quebra seja igual ($p \leq 0,05$) a do macarrão de trigo, sua extensibilidade é menor ($p \leq 0,05$). Embora menos extensível que o macarrão convencional, este produto foi bem aceito pelo seu público-alvo. Enquanto para a aparência antes e após preparo e para o aroma o produto apresentou índices de aceitação próximos de 80%, para o sabor e a textura a aceitação foi superior a 90% e a intenção de compra superior a 80%.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**, 10th ed., St. Paul: AACC, 2000.

ACELBRA. Associação dos Celíacos do Brasil. Atualizado em 26/12/2001. Disponível em: <http://www.ancelbra.org.br>, acesso em 31/01/2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC N°93 de 31 de outubro de 2000. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/htm>, acesso em 13/02/2002.

AUTRAN, J.C.; ABECASSIS, J.; FEILLET, P. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. **Cereal Chemistry**, v.63, n.5; p. 390 – 394, 1986.

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**, v.67, n.3, p. 275 - 281, 1990.

DONNELLY, B. J. Pasta products: Raw material, Technology, Evaluation. **The Macaroni Journal**, v.61, n.1, p. 6 -7, 10, 12, 14 - 15, 18, 1979.

HEMAVATHY, J.; BHAT, K.K.; Effect of particle size on viscoamylographic behaviour of rice flour and vermicelli quality. **Journal of Texture Studies**, v. 25, p. 469 - 476, 1994.

HUMMEL, C. **Macaroni products**. London: Food Trade Press, 1966, 287p.

KOHLWEY, D.E.; KENDALL, J.H.; MOHINDRA, R.B. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. **Cereal Foods World**, v. 40, n.10, p. 728 - 732, 1995.

KRUGER, J.E.; MATSUO, R.B.; DICK, J.W. **Pasta and Noodle Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1996, 356p.

MATSUO, R.R.; DEXTER, J.E.; KOSMOLAC, F.G.; LEISLE, D. Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. **Cereal Chemistry**, v.59, n.3, p.222 - 228, 1982.

MEISELMAN, H.L. Consumer studies of food habits. In: PIGGOTT, J.R. **Sensory Analysis of Foods**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1987, p. 243 - 403.

ORMENESE, R.C.S.C. Influência da adição de emulsificantes nas características de cozimento do macarrão de Arroz obtido pelo processo convencional de

produção de massas alimentícias. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.2, p. 754 – 757, 1998.

ORMENESE, R.C.S.C.; FARIA, E.V.; GOMES, C.R.; YOTSUYANAGI, K. Massas alimentícias não convencionais à base de arroz – perfil sensorial e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.4, p. 67 – 74, 2001.

PAGANI, M.A. Pasta products from non conventional raw materials. In: MERCIER, C.; CANTARELLI, C. **Pasta and Extrusion Cooked Foods - Some Technological and Nutricional Aspects**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986, p. 52 - 68.

SMEWING, J. Analyzing the texture of pasta for quality control. **Cereal Foods World**, v.42, n.1, p.8 – 12, 1997.

STABLE MICRO SYSTEMS. **User Manual**. Texture Analyser modelo TA-XT2i, Godalming, version 6.10 e 7.10, agosto de 1997, 87p.

**Artigo aceito para publicação nos Anais do
XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e
Tecnologia de Alimentos**

CAPÍTULO 4

MASSA FRESCA DE ARROZ PREPARADA A PARTIR DE PRÉ-MISTURA

RESUMO

A doença celíaca é uma doença cujo único tratamento é a completa retirada do trigo, centeio, cevada e aveia da dieta. Dentre os cereais e tubérculos que podem ser ingeridos, o arroz é o menos alergênico. Não existem no mercado brasileiro produtos especiais sem glúten sendo que a maior parte das preparações do cardápio dos celíacos é caseira. Este trabalho teve como objetivo avaliar o macarrão de arroz preparado a partir de uma pré-mistura e compará-lo com o produto obtido pelo processo convencional. As massas foram analisadas quanto ao teor de umidade, características de cozimento e firmeza, pegajosidade e elasticidade. O macarrão de arroz produzido a partir da pré-mistura mostrou-se bastante similar ao seco e, como o processo de produção da pré-mistura é simples, podendo ser facilmente absorvido por pequenas empresas, esse produto se torna uma boa alternativa para os celíacos. É facilmente preparado a nível doméstico requerendo, para sua obtenção, apenas a aquisição de uma máquina de baixo custo.

Palavras-chave: massas alimentícias não convencionais, macarrão de arroz, massa fresca, doença celíaca, pré-mistura

SUMMARY

FRESH RICE PASTA PREPARED FROM PRE-MIXTURE. The only treatment for celiac disease is the complete removal of wheat, rye, barley and oat from the diet. Among cereals and tubers that could be included in celiac diet, rice is the less allergenic. There are no gluten-free products on the Brazilian market and the great majority of celiac food is homemade. The purpose of this paper was to evaluate a fresh rice pasta prepared from a pre-mixture and compare it to the one produced using the conventional dried pasta process. The samples were characterized by their moisture content, cooking quality and firmness, stickiness

and elasticity. Fresh rice pasta obtained from a pre-mixture was very similar to the dried one and, since the production process of pre-mixtures is simple, it can be easily absorbed by small companies and it could be a good option for celiac patients. Fresh rice pasta is easily prepared at home and it requires only the acquisition of a low cost machine.

Key words: non conventional pasta, rice pasta, fresh pasta, celiac disease, pre-mix

1. INTRODUÇÃO

O único tratamento para a doença celíaca é a completa retirada do trigo, centeio, cevada e aveia da dieta. Dentre os cereais e tubérculos que podem ser ingeridos, o arroz é o menos alergênico (KASARDA, 1978). Não existem no mercado brasileiro produtos especiais sem glúten sendo que a maior parte das preparações do cardápio dos celíacos é caseira, demandando tempo e dedicação para o seu preparo (ACELBRA, 2001).

Embora a tecnologia para produção do macarrão de arroz pelo processo convencional possa ser facilmente absorvida por empresas de massas alimentícias, os cuidados necessários à produção de produtos para celíacos podem dificultar a entrada de empresas de grande porte nesse mercado. Por outro lado, a facilidade de produção das pré-misturas se torna uma alternativa para as pequenas empresas. O uso doméstico da pré-mistura para o preparo do macarrão requer apenas a aquisição de um equipamento simples, de baixo custo, no qual é feita a homogeneização com água e a formatação da massa. Este trabalho teve como objetivo avaliar a massa fresca de arroz preparada a partir de uma pré-mistura e compará-la com o macarrão de arroz produzido pelo processo convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção da pré-mistura, baseou-se em trabalho anterior no qual um macarrão de arroz obtido a partir do processo de extrusão (formato de *fetuccini*) e secagem à alta temperatura foi avaliado quanto a parâmetros de cozimento e de textura e submetido a teste de aceitabilidade por consumidores celíacos tendo apresentado índices de aceitação superiores a 80%, para os diferentes atributos avaliados (Capítulo 3).

Farinha de arroz (60%) e farinha de arroz pré-gelatinizada (40%) foram misturadas a 2% de monoglicerídeos destilados com no mínimo 90% destes e 6,4% de clara de ovo desidratada. Como corante foi utilizado o β -caroteno hidrossolúvel na proporção de 0,04%. Todas as porcentagens são baseadas no total das farinhas. Os ingredientes foram homogeneizados em misturadora horizontal (Sigma Fabbe) durante 15 minutos. A pré-mistura foi embalada em sacos de polietileno e estocada em temperatura ambiente até ser utilizada. Para o preparo do macarrão, foi usado o equipamento para massa fresca Pastaia 2 (Italvisa) em que 1.200g da pré-mistura foram misturados a 450g de água durante 15 minutos. A massa foi extrusada no formato de espaguete com 1,8mm de diâmetro. No mesmo dia, o macarrão foi analisado quanto à umidade (AACC 44-15A, 2000), características de cozimento (AACC 66-50, 2000) e firmeza, pegajosidade e elasticidade em texturômetro TA-XT2i com os *probes* A/LKB-F, HDP/PFS e A/SPR, respectivamente (SMEWING, 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos resultados experimentais das características de cozimento e de textura da massa fresca obtida a partir da pré-mistura são mostradas na Tabela 1, em comparação com as médias dos resultados da massa seca pelo processo convencional.

A massa produzida a partir da pré-mistura apresentou teor de umidade bastante superior ao do macarrão seco, uma vez que não passou por processo de secagem. O fato de a massa ser fresca implicou no menor tempo de cozimento e em aumentos de peso e de volume inferiores aos da massa seca. KRUGER et al. (1996) citam que massas secas à base de trigo devem apresentar aumento de peso na faixa de 160 a 180% enquanto para HUMMEL (1966) deve ser de pelo menos 100%. Quanto ao *aumento de volume*, HUMMEL (1966) classifica como bons os valores na faixa de 200 a 300%. Embora os resultados encontrados sejam bem inferiores aos citados na literatura como indicativos de qualidade, podem ser considerados adequados, uma vez que estes parâmetros estão relacionados à capacidade de absorção de água durante o cozimento, que é naturalmente menor em massas frescas devido ao elevado teor de umidade.

TABELA 1. Características das amostras de macarrão de arroz fresco obtido a partir de pré-mistura e do macarrão seco

Parâmetro	Massa Fresca	Massa Seca
Umidade ¹ (%)	35,35 (0,14)	12,85 (0,01)
Tempo de cozimento (min)	4,5	11,0
Perda de sólidos solúveis ¹ (%)	5,54 (0,29) ^a	5,86 (0,34) ^a
Aumento de peso ¹ (%)	74,33 (0,17) ^b	151,6 (1,9) ^a
Aumento de volume ¹ (%)	87,5 (12,5) ^b	175 (0) ^a
Firmeza ² (gf)	188,90 (1,44) ^b	225,59 (11,01) ^a
Pegajosidade ² (gf)	71,55 (3,97) ^a	63,92 (4,39) ^a
Elasticidade		
Resistência à quebra ² (gf)	28,48 (1,40) ^a	24,78 (1,33) ^b
Extensibilidade ² (mm)	11,01 (1,17) ^a	11,41 (1,62) ^a

¹Médias de 3 repetições; ²Médias de 5 leituras; Desvios-padrão entre parênteses. Para cada parâmetro avaliado, médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente a nível de 5% de significância

Na avaliação estatística dos demais parâmetros, verificou-se que a massa fresca de arroz apresentou firmeza significativamente menor ($p \leq 0,05$) e igual perda de sólidos solúveis e pegajosidade que a massa seca. É consenso na literatura técnica que a aplicação da alta temperatura na secagem confere maior

firmeza, menor perda de sólidos solúveis e menor pegajosidade ao macarrão (MILATOVICH & MONDELLI, 1990), o que explica a diferença no resultado de firmeza da massa. No que diz respeito a esse parâmetro, embora menos firme que a massa seca utilizada como padrão neste trabalho, o macarrão obtido da pré-mistura é similar ao de trigo (182,23gf) obtido em trabalho anterior (Capítulo 3). Quanto à pegajosidade e à perda de sólidos solúveis, os resultados foram influenciados pela diferença de formato das massas. Durante a determinação da pegajosidade, o formato arredondado do espaguete (massa fresca) propicia menor área de contato com o *probe* do texturômetro que o formato plano do *fetuccini* (massa seca) resultando em valores menores para a força aplicada no caso da massa fresca. A menor área externa do espaguete em relação à do *fetuccini* (aproximadamente 1,5 vez) pode explicar a diferença não significativa ($p \leq 0,05$) na perda de sólidos entre as duas amostras. Segundo os critérios de HUMMEL (1966), perdas de sólidos de até 6% são características de massas de trigo de qualidade muito boa.

Quanto à elasticidade, parâmetro que mede as características da massa ao ser tensionada, a menor espessura do *fetuccini* cozido (1,8mm) em relação ao diâmetro do espaguete também cozido (2,8mm) propiciou à massa fresca maior resistência à quebra e igual extensibilidade ($p \leq 0,05$) quando comparada com a massa seca.

4. CONCLUSÃO

O produto final mostrou-se bastante similar ao seco produzido pelo processo convencional e que apresentou altos índices de aceitação e intenção de compra por parte de consumidores celíacos (Capítulo 3). Com isso, como o processo de produção da pré-mistura é bastante simples, podendo ser facilmente absorvido por pequenas empresas, a massa fresca de arroz obtida a partir de pré-

mistura se torna uma boa alternativa para os celíacos. É facilmente preparada a nível doméstico requerendo apenas a compra de uma máquina de baixo custo para sua obtenção.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**, 10th ed., St. Paul: AACC, 2000.

ACELBRA. Associação dos Celíacos do Brasil. Atualizado em 26/12/2001. Disponível em: <http://www.acebra.org.br>, acesso em 31/01/2002.

HUMMEL, C. **Macaroni products**. London: Food Trade Press, 1966, 287p.

KASARDA, D.D. The relationship of wheat proteins to celiac disease. **Cereal Foods World**, v. 23, n. 5, p. 240 - 262, 1978.

KRUGER, J.E.; MATSUO, R.B.; DICK, J.W. **Pasta and Noodle Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1996, 356p.

MILATOVICH, L. & MONDELLI, G. **La tecnologia della pasta alimentare**, Pinerolo, Chiriotti Editori, 1990. 330p.

SMEWING, J. Analyzing the texture of pasta for quality control. **Cereal Foods World**, v.42, n.1, p.8 – 12, 1997.



CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

Todos os ingredientes estudados (farinha de arroz pré-gelatinizada, clara de ovo desidratada e monoglicerídeos destilados) influenciaram de alguma forma a qualidade do macarrão de arroz. A importância da farinha pré-gelatinizada bem como da clara de ovo desidratada ficou evidente na avaliação dos parâmetros *firmeza* e *extensibilidade*, que são melhorados à medida que se aumenta a quantidade desses ingredientes. No entanto, uma vez que massas com quantidades de farinha pré-gelatinizada inferiores ou superiores a 40% apresentaram-se, respectivamente, quebradiças ou grudentas durante o processo, recomenda-se, por questões operacionais, a utilização de quantidades em torno do ponto central (40%).

Quanto à adição dos monoglicerídeos destilados, sua ação principal se deu na redução das *perdas de sólidos solúveis* e da *pegajosidade* da massa após cozimento.

Para as características *perda de sólidos solúveis* e *extensibilidade*, o sentido de otimização da formulação aponta para as quantidades máximas ($+\alpha$) dos ingredientes clara de ovo desidratada e monoglicerídeos destilados (6,4% e 2,0% respectivamente).

Na comparação com o produto padrão à base de trigo, o macarrão de arroz estudado mostrou-se similar àquele no que diz respeito às principais características de cozimento (perda de sólidos solúveis, aumento de peso e de volume). Mostrou-se ainda mais firme e menos pegajoso que o macarrão de trigo (convencional). Quanto à elasticidade, embora sua resistência à quebra seja igual ($p \leq 0,05$) a do macarrão de trigo, sua extensibilidade é bem menor. Embora menos extensível que o macarrão convencional, este produto foi bem aceito pelo seu público-alvo. Enquanto para os atributos *aparência antes do preparo*, *aparência após preparo* e *aroma*, o produto apresentou índices de aceitação próximos de 80%, para *sabor* e *textura* a aceitação foi superior a 90% sendo a intenção de compra superior a 80%.

Quanto ao produto fresco preparado ao nível doméstico a partir de uma pré-mistura, este mostrou-se bastante similar ao seco produzido pelo processo convencional.

Este estudo possibilitou a obtenção de um macarrão de arroz de boa qualidade sendo uma boa alternativa de uso para a parcela de arroz que se quebra durante o beneficiamento e que é, atualmente, considerada subproduto, de baixo valor comercial e com pouco uso industrial. A utilização do processo convencional de produção de massas secas facilita a absorção da tecnologia pelas indústrias de massas permitindo a ampliação do seu mercado. Por outro lado, a possibilidade de produção de uma pré-mistura, através de um processo industrial bastante simples, permite o preparo caseiro do macarrão de arroz. Finalmente, ambas as possibilidades são interessantes para os portadores da doença celíaca que poderão se alimentar com um produto bastante difundido e de boa aceitação na culinária brasileira e que hoje não está disponível no mercado nacional.



ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL AUMENTO DE PESO

TABELA 1.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	133,0165*	3,0868*	43,0920*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	-1,9090	3,3479	-0,5702	0,5842
Far. Pré-gel (Q)	1,0840	3,4823	0,3113	0,7635
(2) Monoglicer (L)	4,5697	3,3479	1,3649	0,2094
Monoglicer (Q)	3,2452	3,4823	0,9319	0,3786
(3) Clara (L)	-3,8086	3,3479	-1,1376	0,2882
Clara (Q)	-0,2978	3,4823	-0,0855	0,9339
(1) X (2)	-3,8000	4,3723	-0,8691	0,4101
(1) X (3)	4,2500	4,3723	0,9720	0,3595
(2) X (3)	7,0500	4,3723	1,6124	0,1455

$R^2 = 0,523$

MS residual = 38,234

ANEXO 2. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL AUMENTO DE VOLUME

TABELA 2.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	164,6945*	6,6442*	24,7877*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	1,9700	7,2062	0,2734	0,7915
Far. Pré-gel (Q)	-0,2726	7,4955	-0,0364	0,9719
(2) Monoglicer (L)	1,1726	7,2062	0,1627	0,8748
Monoglicer (Q)	0,0817	7,4955	0,0109	0,9916
(3) Clara (L)	0,0000	7,2062	0,0000	1,0000
Clara (Q)	-3,1071	7,4955	-0,4145	0,6894
(1) X (2)	-10,5000	9,4111	-1,1157	0,2969
(1) X (3)	-2,0000	9,4111	-0,2125	0,8370
(2) X (3)	14,5000	9,4111	1,5407	0,1620

$R^2 = 0,330$

MS residual = 117,139

ANEXO 3. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL *TEMPO DE COZIMENTO*

TABELA 3.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	8,3598*	0,1728*	48,3901*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	0,7593*	0,1874*	4,0522*	0,0037*
Far. Pré-gel (Q)	0,2211	0,1949	1,1343	0,2895
(2) Monoglicer (L)	0,2199	0,1874	1,1734	0,2744
Monoglicer (Q)	0,2211	0,1949	1,1343	0,2895
(3) Clara (L)	0,0733	0,1874	0,3911	0,7059
Clara (Q)	0,2211	0,1949	1,1343	0,2895
(1) X (2)	0,1250	0,2447	0,5108	0,6233
(1) X (3)	-0,1250	0,2447	-0,5108	0,6233
(2) X (3)	0,3750	0,2447	1,5325	0,1639

$R^2 = 0,746$

MS residual = 0,120

TABELA 3.2. Análise de variância

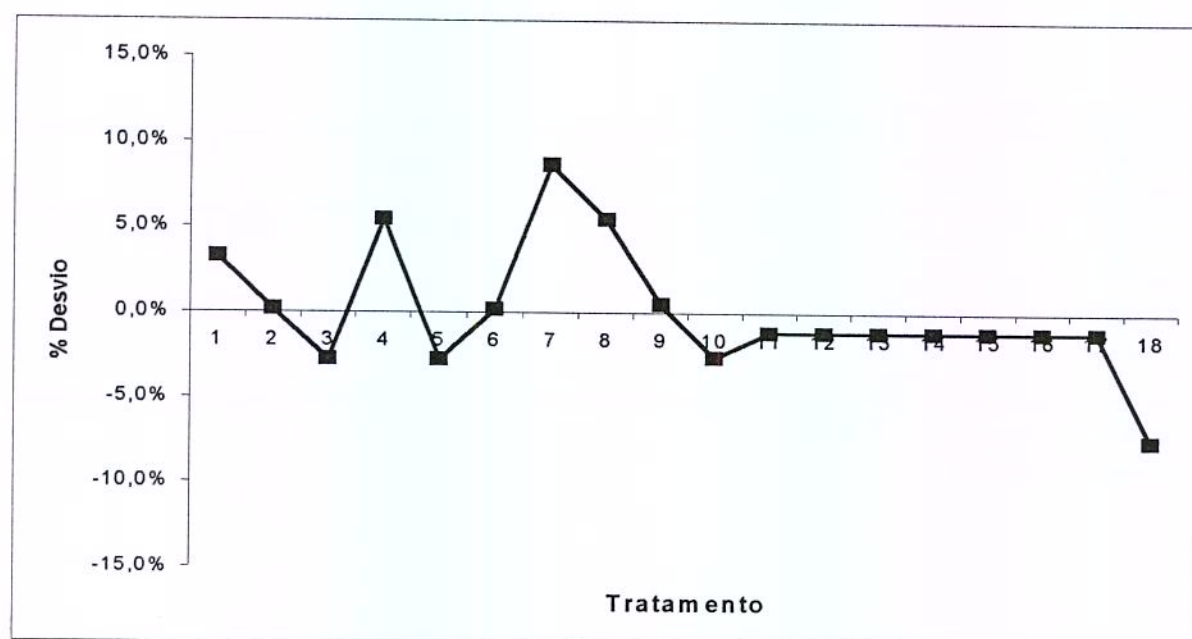
Fonte de variação	SQ	gl	QM	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	1,966	1	1,966	17,398*	4,49 (0,95; 1; 16)
Resíduos	1,812	16	0,113		
Falta ajuste	1,624	13	0,125	1,984**	8,74 (0,95; 13;3)
Erro puro	0,188	3	0,063		
Total	3,778	17			

*F_{calculado} = 4 F_{tabelado} ; $R^2 = 0,52$

**F_{calculado} < F_{tabelado}

TABELA 3.3. Desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

Tratamento	Far. Pré-gel.	Monogl.	Clara	Tempo cozimento		Desvio
				Real	Modelo	
1	-1	-1	-1	8,5	8,22	3,29%
2	1	-1	-1	9,0	8,98	0,22%
3	-1	1	-1	8,0	8,22	-2,75%
4	1	1	-1	9,5	8,98	5,47%
5	-1	-1	1	8,0	8,22	-2,75%
6	1	-1	1	9,0	8,98	0,22%
7	-1	1	1	9,0	8,22	8,67%
8	1	1	1	9,5	8,98	5,47%
9	-1,68	0	0	8,0	7,96	0,48%
10	1,68	0	0	9,0	9,24	-2,65%
11	0	-1,68	0	8,5	8,60	-1,18%
12	0	1,68	0	8,5	8,60	-1,18%
13	0	0	-1,68	8,5	8,60	-1,18%
14	0	0	1,68	8,5	8,60	-1,18%
15	0	0	0	8,5	8,60	-1,18%
16	0	0	0	8,5	8,60	-1,18%
17	0	0	0	8,5	8,60	-1,18%
18	0	0	0	8,0	8,60	-7,50%

**FIGURA 3.1.** Representação gráfica dos desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

ANEXO 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL PERDA DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

TABELA 4.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	10,9759*	0,5394*	20,3484*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	1,8743	0,5850	3,2038	0,0125*
Far. Pré-gel (Q)	-0,1328	0,6085	-0,2183	0,8327
(2) Monoglicer (L)	-3,3457*	0,5850*	-5,7189*	0,0004*
Monoglicer (Q)	2,1702*	0,6085*	3,5664*	0,0073*
(3) Clara (L)	-0,6964	0,5850	-1,1904	0,2680
Clara (Q)	0,0373	0,6085	0,0612	0,9527
(1) X (2)	0,6000	0,7640	0,7853	0,4549
(1) X (3)	0,4350	0,7640	0,5693	0,5847
(2) X (3)	-0,9850	0,7640	-1,2892	0,2333

 $R^2 = 0,884$

MS residual = 1,167

TABELA 4.2. Análise de variância

Fonte de variação	SQ	gl	QM	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	66,41	3	22,14	21,92*	3,34 (0,95; 3; 14)
Resíduos	14,10	14	1,01		
Falta ajuste	11,97	11	1,09	1,54**	8,76 (0,95; 11;3)
Erro puro	2,13	3	0,71		
Total	80,51	17			

*F_{calculado} = 6,6 F_{tabelado} ; $R^2 = 0,82$ **F_{calculado} < F_{tabelado}

TABELA 4.3. Desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

Tratamento	Far. Pré-gel.	Monogl.	Clara	Sólidos solúveis		Desvio
				Real	Modelo	
1	-1	-1	-1	13,99	12,76	8,77%
2	1	-1	-1	13,24	14,64	-10,55%
3	-1	1	-1	10,57	9,42	10,91%
4	1	1	-1	13,24	11,29	14,72%
5	-1	-1	1	12,28	12,76	-3,93%
6	1	-1	1	14,62	14,64	-0,11%
7	-1	1	1	9,11	9,42	-3,37%
8	1	1	1	10,43	11,29	-8,26%
9	-1,68	0	0	8,4	9,36	-11,42%
10	1,68	0	0	12,69	12,51	1,44%
11	0	-1,68	0	17,38	16,83	3,17%
12	0	1,68	0	10,21	11,21	-9,78%
13	0	0	-1,68	10,83	10,93	-0,95%
14	0	0	1,68	10,74	10,93	-1,80%
15	0	0	0	10,65	10,93	-2,66%
16	0	0	0	10,37	10,93	-5,43%
17	0	0	0	10,73	10,93	-1,90%
18	0	0	0	12,24	10,93	10,67%

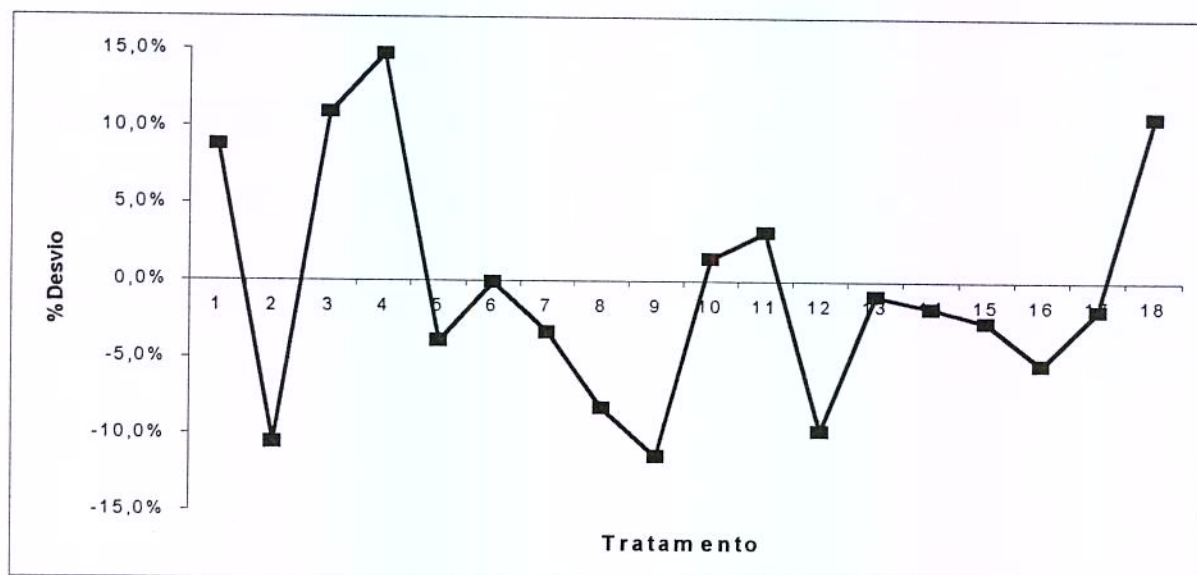


FIGURA 4.1. Representação gráfica dos desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

ANEXO 5. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL FIRMEZA

TABELA 5.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	243,2584*	6,9633*	34,9342*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	23,2722*	7,5523*	3,0815*	0,0151*
Far. Pré-gel (Q)	8,9241	7,8555	1,1360	0,2888
(2) Monoglicer (L)	-27,9257*	7,5523*	-3,6976*	0,0061*
Monoglicer (Q)	-21,8441*	7,8555*	-2,7807*	0,0239*
(3) Clara (L)	54,6968*	7,5523*	7,2424*	0,0001*
Clara (Q)	-4,1960	7,8555	-0,5342	0,6078
(1) X (2)	-7,1350	9,8632	-0,7234	0,4900
(1) X (3)	24,1600*	9,8632*	2,4495*	0,0400*
(2) X (3)	8,6250	9,8632	0,8745	0,4074

$R^2 = 0,921$

MS residual = 194,565

TABELA 5.2. Análise de variância

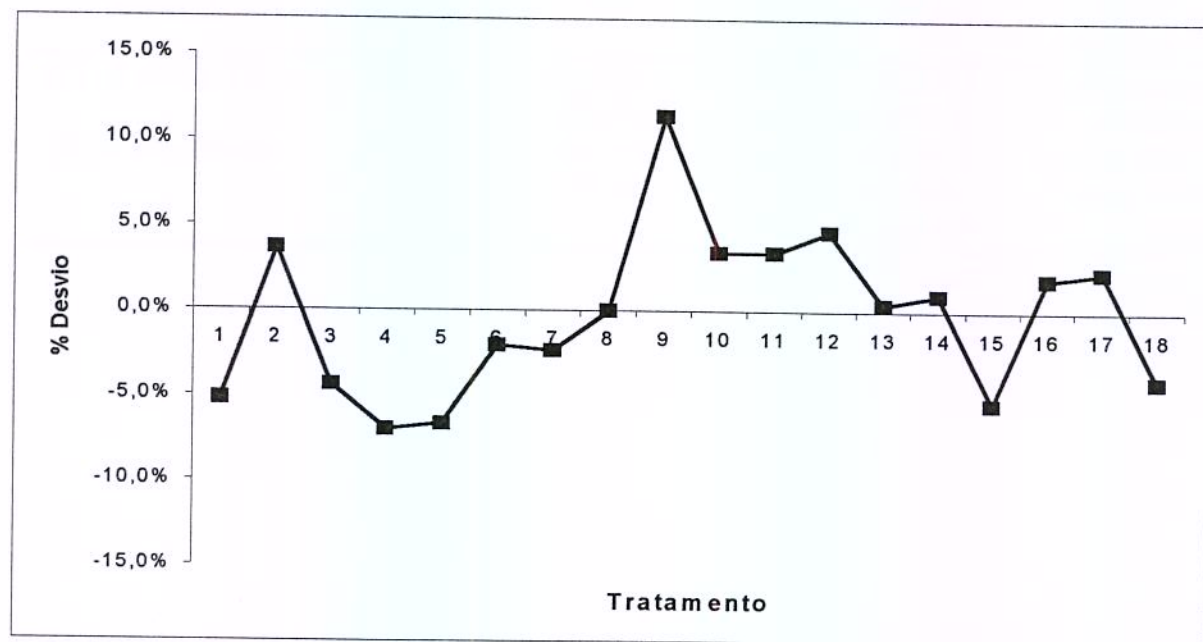
Fonte de variação	SQ	gl	QM	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	17.624,77	5	3.524,95	19,41*	3,11 (0,95; 5; 12)
Resíduos	2.179,08	12	181,59		
Falta ajuste	1.903,94	9	211,55	2,31	8,81 (0,95; 9; 3)
Erro puro	275,14	3	91,71		
Total	19.803,85	17			

*F_{calculado} = 6,2F_{tabelado} ; $R^2 = 0,89$

**F_{calculado} < F_{tabelado}

TABELA 5.3. Desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

Tratamento	Far. Pré-gel.	Monogl.	Clara	Firmeza		Desvio
				Real	Modelo	
1	-1	-1	-1	210,09	221,08	-5,23%
2	1	-1	-1	228,59	220,20	3,67%
3	-1	1	-1	185,11	193,16	-4,35%
4	1	1	-1	179,7	192,28	-7,00%
5	-1	-1	1	235,94	251,62	-6,65%
6	1	-1	1	293,12	299,06	-2,03%
7	-1	1	1	218,57	223,70	-2,35%
8	1	1	1	271,12	271,14	-0,01%
9	-1,68	0	0	254,96	225,80	11,44%
10	1,68	0	0	274,36	264,92	3,44%
11	0	-1,68	0	245,24	236,84	3,43%
12	0	1,68	0	199,24	189,93	4,67%
13	0	0	-1,68	200,15	199,41	0,37%
14	0	0	1,68	294,14	291,31	0,96%
15	0	0	0	232,68	245,36	-5,45%
16	0	0	0	250,06	245,36	1,88%
17	0	0	0	251,15	245,36	2,31%
18	0	0	0	235,66	245,36	-4,12%

**FIGURA 5.1.** Representação gráfica dos desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

ANEXO 6. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL *PEGAJOSIDADE*

TABELA 6.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	77,6873*	2,3771*	32,6818*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	0,1075	2,5781	0,0417	0,9678
Far. Pré-gel (Q)	-0,9153	2,6816	-0,3413	0,7416
(2) Monoglicer (L)	-23,5222*	2,5781*	-9,1237*	0,0000*
Monoglicer (Q)	3,7899	2,6816	1,4133	0,1953
(3) Clara (L)	0,2115	2,5781	0,0821	0,9366
Clara (Q)	0,0626	2,6816	0,0233	0,9820
(1) X (2)	0,7050	3,3670	0,2094	0,8394
(1) X (3)	18,3500*	3,3670*	5,4499*	0,0006*
(2) X (3)	1,0500	3,3670	0,3119	0,7631

 $R^2 = 0,935$

MS residual = 22,6735

TABELA 6.2. Análise de variância

Fonte de variação	SQ	gl	QM	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	2560,93	2	1280,46	79,93*	3,68 (0,95; 2; 15)
Resíduos	240,28	15	16,02		
Falta ajuste	190,29	12	15,86	0,95**	8,74 (0,95; 12; 3)
Erro puro	50,00	3	16,67		
Total	2.801,21	17			

 $F_{\text{calculado}} = 21,7$ F_{tabelado} ; $R^2 = 0,91$ ** $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$

TABELA 6.3. Desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

Tratamento	Far. Pré-gel.	Monogl.	Clara	Pegajosidade		Desvio
				Real	Modelo	
1	-1	-1	-1	95	99,74	-4,99%
2	1	-1	-1	80,11	81,38	-1,59%
3	-1	1	-1	74,89	76,22	-1,78%
4	1	1	-1	57,42	57,86	-0,77%
5	-1	-1	1	79,22	81,38	-2,73%
6	1	-1	1	97,04	99,74	-2,78%
7	-1	1	1	57,22	57,86	-1,12%
8	1	1	1	80,44	76,22	5,25%
9	-1,68	0	0	80,87	78,80	2,56%
10	1,68	0	0	76,14	78,80	-3,49%
11	0	-1,68	0	108,68	98,56	9,31%
12	0	1,68	0	61,61	59,04	4,17%
13	0	0	-1,68	81,39	78,80	3,18%
14	0	0	1,68	78,38	78,80	-0,54%
15	0	0	0	75,57	78,80	-4,27%
16	0	0	0	82,9	78,80	4,95%
17	0	0	0	78,12	78,80	-0,87%
18	0	0	0	73,41	78,80	-7,34%

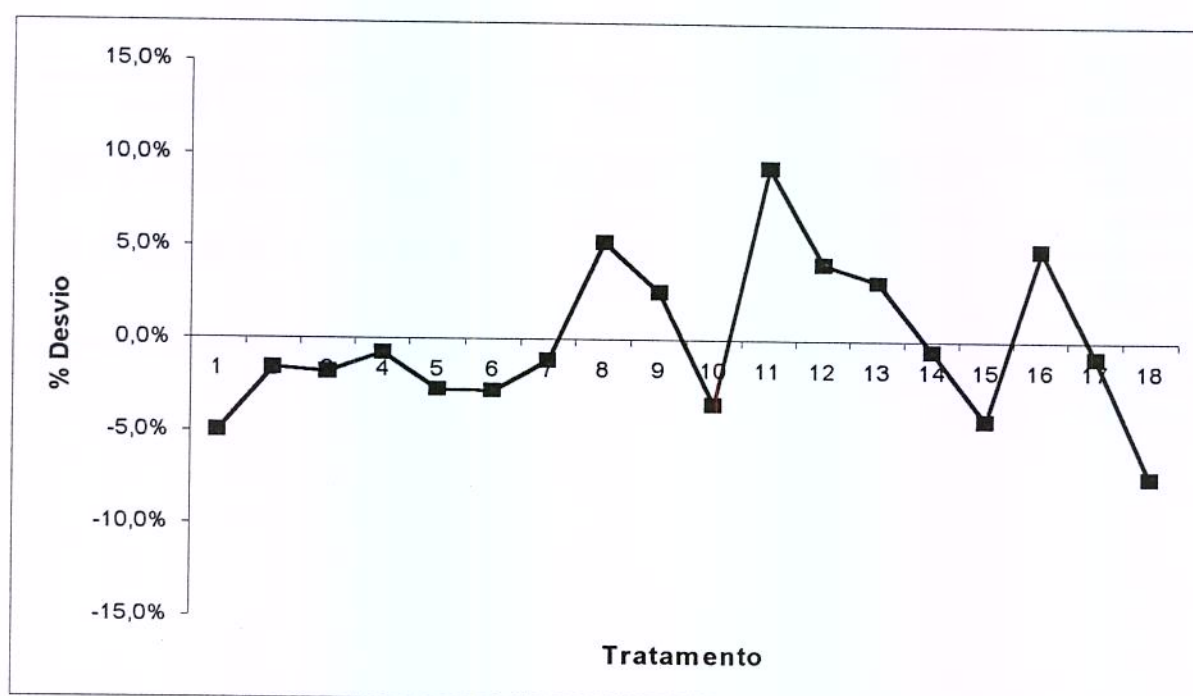


FIGURA 6.1. Representação gráfica dos desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

ANEXO 7. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL RESISTÊNCIA À QUEBRA

TABELA 7.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	23,3175*	1,7516*	13,3119*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	6,6420*	1,8998*	3,4962*	0,0081*
Far. Pré-gel (Q)	5,7672*	1,9760*	2,9186*	0,0193*
(2) Monoglicer (L)	-0,3693	1,8998	-0,1944	0,8507
Monoglicer (Q)	1,9123	1,9760	0,9678	0,3615
(3) Clara (L)	8,0687*	1,8998*	4,2472*	-,0028*
Clara (Q)	2,0363	1,9760	1,0305	0,3329
(1) X (2)	-0,4600	2,4811	-0,1854	0,8575
(1) X (3)	0,9900	2,4811	0,3990	0,7003
(2) X (3)	4,3600	2,4811	1,7573	0,1169

$R^2 = 0,841$

MS residual = 12,311

TABELA 7.2. Análise de variância

Fonte de variação	SQ	gl	QM	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	460,46	3	153,49	13,45*	3,34 (0,95; 3; 14)
Resíduos	159,73	14	11,41		
Falta ajuste	158,54	11	14,41	36,02**	8,76 (0,95; 11; 3)
Erro puro	1,19	3	0,40		
Total	620,19	17			

*F_{calculado} = 4 F_{tabelado} ; $R^2 = 0,52$

**F_{calculado} > F_{tabelado} ⇒ o modelo não é preditivo

ANEXO 8. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIÁVEL *EXTENSIBILIDADE*

TABELA 8.1. Efeitos estimados

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p
Média/Interação	9,5863*	0,4035*	23,7552*	0,0000*
(1) Far. Pré-gel (L)	3,2246*	0,4377*	7,3674*	0,0001*
Far. Pré-gel (Q)	2,5394*	0,4552*	5,5781*	0,0005*
(2) Monoglicer (L)	-0,3900	0,4377	-0,8911	0,3989
Monoglicer (Q)	1,1753*	0,4552*	2,5817*	0,0325*
(3) Clara (L)	3,2969*	0,4377*	7,5327*	0,0001*
Clara (Q)	1,0690*	0,4552*	2,3482*	0,0468*
(1) X (2)	-1,4300*	0,5716*	-2,5018*	0,0368*
(1) X (3)	0,5600	0,5716	0,9797	0,3559
(2) X (3)	2,7700*	0,5716*	4,8460*	0,0013*

 $R^2 = 0,957$

MS residual = 0,653

TABELA 8.2. Análise de variância

Fonte de variação	SQ	gl	QM	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	114,31	7	16,33	25,52*	3,14 (0,95; 7; 10)
Resíduos	6,374	10	0,64		
Falta ajuste	4,078	7	0,58	0,75**	8,89 (0,95; 7; 3)
Erro puro	2,296	3	0,77		
Total	120,688	17			

*F_{calculado} = 8 F_{tabelado}; $R^2 = 0,95$ **F_{calculado} < F_{tabelado}

TABELA 8.3. Desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

Tratamento	Far. Pré-gel.	Monogl.	Clara	Extensibilidade		Desvio
				Real	Modelo	
1	-1	-1	-1	9,52	9,39	1,37%
2	1	-1	-1	13,86	14,05	-1,37%
3	-1	1	-1	7,48	8,05	-7,62%
4	1	1	-1	9,08	9,83	-8,26%
5	-1	-1	1	9,46	9,91	-4,76%
6	1	-1	1	15,04	14,57	3,13%
7	-1	1	1	13,08	14,13	-8,03%
8	1	1	1	15,68	15,91	-1,47%
9	-1,68	0	0	11,29	10,47	7,27%
10	1,68	0	0	15,98	15,88	0,63%
11	0	-1,68	0	11,74	11,26	4,13%
12	0	1,68	0	11,68	11,26	3,64%
13	0	0	-1,68	8,83	8,31	5,85%
14	0	0	1,68	14,29	13,86	3,02%
15	0	0	0	10,21	9,59	6,07%
16	0	0	0	10,38	9,59	7,61%
17	0	0	0	8,67	9,59	-10,61%
18	0	0	0	8,92	9,59	-7,51%

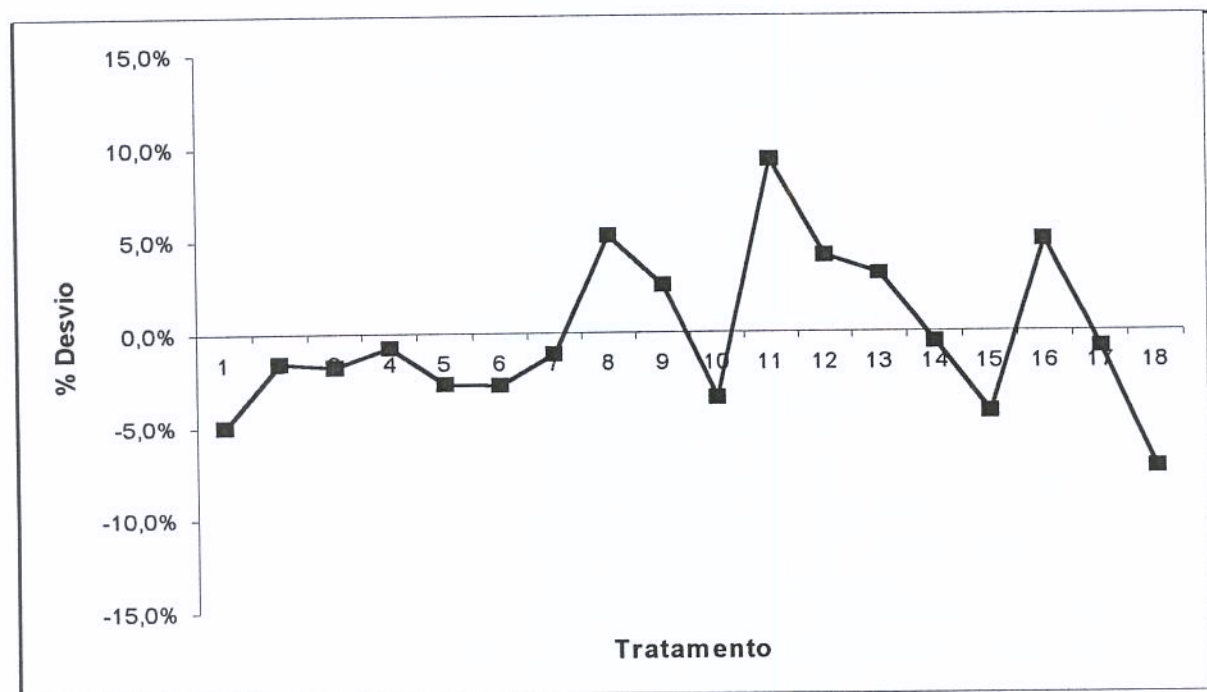


FIGURA 8.1. Representação gráfica dos desvios entre valores reais e previstos pelo modelo

ANEXO 9. FICHA DO TESTE DE ACEITABILIDADE APLICADO

Nome: _____
Endereço: _____
Telefone: _____

AVALIAÇÃO DE MACARRÃO DE ARROZ

Muito obrigado por aceitar participar de nossa pesquisa. Por favor, leia estas instruções e os questionários antes de iniciar o teste.

Prepare o macarrão seguindo as instruções contidas na etiqueta da embalagem quanto ao tempo de cozimento e consuma com o molho ou na forma de sua preferência.

Responda as questões a respeito do quanto você gostou ou desgostou do produto. Caso o consumidor potencial deste produto (portador de doença celíaca) seja criança, a mãe deverá preparar o produto e responder o questionário de cor azul, referente às instruções sobre o modo de preparo do macarrão. O questionário de cor verde, sobre o quanto gostou ou desgostou do produto poderá ser respondido pela mãe, mas deverá expressar as opiniões da criança.

Dentro de uma semana recolheremos este questionário.

Qualquer dúvida, por favor, entre em contato conosco (ITAL/CEREAL CHOCOTEC – (19) 3743.1952, com Rita)

1. Qual a sua faixa de idade?

- ☐ até 10 anos ☐ 10 – 14 ☐ 15 - 19 ☐ 20 – 24 ☐ 25 – 29
☐ 30 – 34 ☐ 35 – 39 ☐ 40 - 44 ☐ 45 – 49 ☐ acima de 50

2. O quanto você gosta ou desgosta de macarrão?

- ☐ Adoro
☐ Gosto muito
☐ Gosto moderadamente
☐ Gosto ligeiramente
☐ Nem gosto / nem desgosto
☐ Desgosto ligeiramente
☐ Desgosto moderadamente
☐ Desgosto muito
☐ Detesto

3. Com que frequência você costuma consumir cada um dos produtos abaixo:

Produto	Mais de 3 vezes por dia	De 2 a 3 vezes por dia	1 vez por dia	5 a 6 vezes por semana	2 a 4 vezes por semana	1 vez por semana	1 a 3 vezes por mês	Nunca/ Quase nunca
Arroz								
Creme de arroz								
Macarrão de arroz								
Milho verde								
Farinha de milho								
Fubá								
Maizena								
Macarrão de milho								
Batata								
Fécula de batata								
Mandioca								
Fécula e polvilho de mandioca								
Farinha de mandioca								
Cereais matinais								
Outros: _____ _____ _____								

AVALIAÇÃO DE MACARRÃO DE ARROZ

Nome: _____

Muito obrigado por participar de nossa pesquisa.

1. Aparência do macarrão seco, antes do preparo

- ☐ Adorei
- ☐ Gostei muito
- ☐ Gostei moderadamente
- ☐ Gostei ligeiramente
- ☐ Nem gostei / nem desgostei
- ☐ Desgostei ligeiramente
- ☐ Desgostei moderadamente
- ☐ Desgostei muito
- ☐ Detestei

2. Aparência após preparo

- ☐ Adorei
- ☐ Gostei muito
- ☐ Gostei moderadamente
- ☐ Gostei ligeiramente
- ☐ Nem gostei / nem desgostei
- ☐ Desgostei ligeiramente
- ☐ Desgostei moderadamente
- ☐ Desgostei muito
- ☐ Detestei

3. Aroma após cozimento, antes de colocar molho

- ☐ Adorei
- ☐ Gostei muito
- ☐ Gostei moderadamente
- ☐ Gostei ligeiramente
- ☐ Nem gostei / nem desgostei
- ☐ Desgostei ligeiramente
- ☐ Desgostei moderadamente
- ☐ Desgostei muito
- ☐ Detestei

4. Sabor após preparo (com molho ou outros temperos)

- ☐) Adorei
- ☐) Gostei muito
- ☐) Gostei moderadamente
- ☐) Gostei ligeiramente
- ☐) Nem gostei / nem desgostei
- ☐) Desgostei ligeiramente
- ☐) Desgostei moderadamente
- ☐) Desgostei muito
- ☐) Detestei

5. Textura e sensação na boca após preparo (com molho ou outros temperos)

- ☐) Adorei
- ☐) Gostei muito
- ☐) Gostei moderadamente
- ☐) Gostei ligeiramente
- ☐) Nem gostei / nem desgostei
- ☐) Desgostei ligeiramente
- ☐) Desgostei moderadamente
- ☐) Desgostei muito
- ☐) Detestei

6. Por favor, indique o que, em particular, você mais gostou e desgostou nesse produto. Use palavras ou frases:**Mais gostei:****Menos gostei:**

7. Se este produto estivesse à venda, você:

- ☐) Certamente compraria
- ☐) Provavelmente compraria
- ☐) Talvez comprasse / talvez não comprasse
- ☐) Provavelmente não compraria
- ☐) Certamente não compraria

Nome: _____

AVALIAÇÃO DAS INSTRUÇÕES E MODO DE PREPARO DO MACARRÃO

Indique abaixo o quão claras ou confusas estavam as instruções de preparo contidas na etiqueta da embalagem da amostra.

1. As instruções estavam:

- () Muito claras
- () Moderadamente claras
- () Ligeiramente claras
- () Ligeiramente confusas
- () Moderadamente confusas
- () Muito confusas

2. Comentários e sugestões sobre as instruções de preparo:

3. Responda abaixo as questões que se referem ao preparo do macarrão:

Os fios quebraram durante o cozimento? () Sim () Não

O macarrão ficou grudento? () Sim () Não

A água de cozimento ficou muito "branca"? () Sim () Não

Outras ocorrências: _____

4. Descreva, resumidamente, o método de preparo que você utilizou:

**ANEXO 10. FOTOS DA AMOSTRA DE MACARRÃO DE ARROZ UTILIZADA NO
TESTE DE ACEITABILIDADE E DA AMOSTRA DE MACARRÃO DE TRIGO**



MACARRÃO DE ARROZ



MACARRÃO DE TRIGO

