

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA FABRICAÇÃO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS ISENTAS DE GLÚTEN, TIPO ESPAGUETE PRÉ-COZIDO*

SILVIA DEBONI DUTCOSKY**
HILMAR ADELBERT JOHANN FUGMANN***
NINA WASZCZYNSKYJ***

Tecnologia de produção de espaguete pré-cozido, isento de glúten, foi desenvolvida em escala piloto e os produtos finais avaliados sensorial e físico-quimicamente. Os parâmetros ótimos foram: composição 65% de farinha de arroz inativada, 20% de farinha de arroz pré-gelatinizada e 15% de amido de milho; tempo de pré-cozimento de 4 minutos e perfil de secagem de menor tempo, com temperaturas de 80 e 60°C, intercaladas com período de 25 minutos de repouso. O emulsificante mono e diglicerídeo, saturado e não destilado e o agente espessante hidroxipropilmetilcelulose não apresentaram nenhuma funcionalidade como coadjuvantes no processo ou nas características finais do espaguete pré-cozido. Já a presença de ácido ascórbico resultou em aumento do teor de sólidos solúveis na água de cozimento do macarrão. O espaguete apresentou escore médio de 5,8 pontos na escala hedônica, indicando aceitação de julgadores habituados ao consumo do espaguete de trigo.

* Parte da dissertação de Mestrado em Tecnologia Química da primeira autora, Área de Concentração Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

** Professora de Tecnologia de Cereais, Departamento de Engenharia de Alimentos, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

*** Professores do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Química da UFPR.

1 INTRODUÇÃO

Estimativas da incidência de alergias a alimentos variam de 0,3% a 7,5%, em muitas revisões de literatura realizadas por TAYLOR (1985), que atribuiu esta variação à controvérsias nos procedimentos do diagnóstico e na inconsistência da definição do estado clínico. Nos Estados Unidos a incidência total de alergias a alimentos envolveu aproximadamente trinta milhões de pessoas, número este acrescido de trinta e três milhões de intolerantes à lactose e oito milhões de sensíveis ao glúten (AMUSSEN et al, 1990).

No Brasil não houve levantamento estatístico sobre a incidência da doença celíaca, entretanto, estima-se que atinja 0,03% da população (PRADO & BETTARELO, 1988). Segundo PENNA & MOTA (1988) esta doença é a principal causa da má absorção intestinal na infância.

PIZZINATO & SHREBERNICH (1992) afirmaram que a existência de uma série de enfermidades gastrintestinais confundem ou dificultam o diagnóstico correto da doença celíaca, mas que, com certeza, sua incidência é significativa no Brasil.

A medida terapêutica fundamental para impedir o desenvolvimento da enfermidade consiste em **remover completamente** da dieta o glúten existente nos alimentos elaborados com trigo, centeio, cevada e eventualmente aveia. Os pacientes devem ser particularmente instruídos para evitarem o trigo, o qual está presente na dieta habitual, mesmo em quantidades mínimas. O tratamento dietético deve se estender por toda a vida do paciente e a base da substituição é feita com soja, arroz, milho, mandioca, cará e batata, entre os quais o arroz é o menos alergênico (SLEISENGER et al, 1957; COOPER et al, 1958; GOERTZ et al, 1965; KOWLESSAR, 1972; BOWMAN et al, 1973; MITCHELL, 1978; BURTON, 1979; CAMPOS, 1979; JULIANO, 1980; KRAUSE & MAHAN, 1984; POMERANZ, 1984; PENNA & MOTA, 1988; PRADO & BETTARELO, 1988; AMUSSEN et al, 1990; LORENZ, 1990).

Tendo em vista que a enteropatia glúten-sensível exige restrição de alimentos que são largamente consumidos, depara-se com um caso que requer ação educativa ampla no que diz respeito ao estabelecimento de novos condicionamentos no hábito alimentar.

As massas alimentícias estão inseridas no hábito alimentar há muitos séculos e dispõem de padrões de qualidade sensorial já estabelecidos. Cabe então aos pesquisadores de alimentos o desenvolvimento do potencial da tecnologia de

fabricação de massas e o acréscimo de características especiais às farinhas dos demais cereais, visando a substituição do trigo.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver tecnologia de fabricação de massa do tipo espaguete, isenta de glúten, apropriando recursos da ciência e da tecnologia de alimentos para obtenção de produto com qualidade sensorial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

- Farinhas de arroz do tipo inativada e pré-gelatinizada
- Amido de milho
- Albumina e ovo integral em pó
- Aditivos: corante natural urucum/ácido ascórbico/mono e diglicerídeo do tipo saturado/hidroxipropilmetilcelulose (methocel K4M).

2.2 EQUIPAMENTOS

- Extrusora marca Master Metal, modelo Pastmatic
- Secador de bandejas de circulação forçada, com entrada de ar lateral, marca Fabbe-Primar modelo 170.

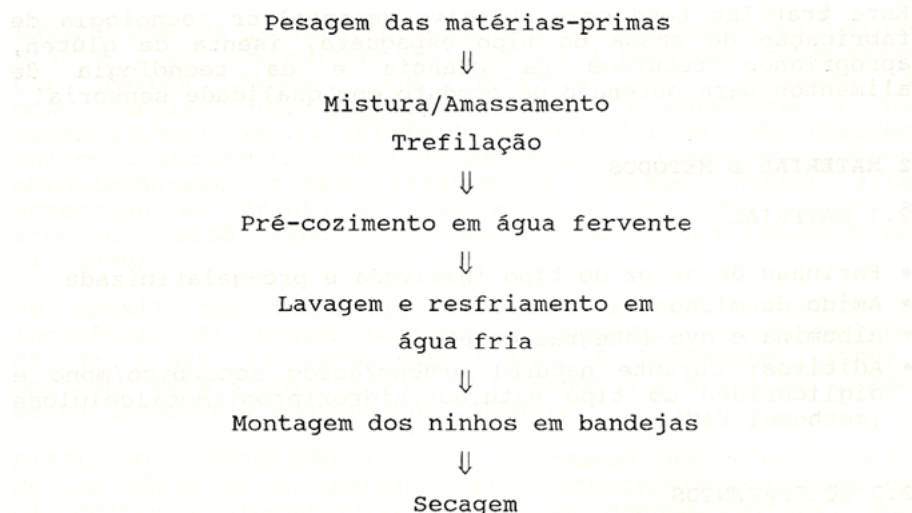
2.3 MÉTODOS

2.3.1 Fórmula-base e Processamento

Os componentes da formulação-base utilizada foram: 100% farinha de arroz; 3,3% ovo integral em pó; 1,1% albumina em pó; 0,05% mono e diglicerídeo; 0,3% corante natural urucum; e teor de água variável (conforme a composição das farinhas).

As operações de mistura/amassamento e trefilação foram realizadas em extrusora. Para o pré-cozimento utilizou-se panelas aquecidas em fogão industrial. A lavagem e o resfriamento foram conduzidos em recipientes de aço inoxidável com água fria entre 10 e 15°C por 3 minutos, usando-se secador (Figura 1).

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO ESPAGUETE



Os parâmetros estudados no nível de matérias-primas foram: composição de farinhas; efeito do ácido ascórbico; efeito do agente espessante hidroxipropilmetilcelulose (Methocel K4M) e efeito do emulsificante mono e diglicerídeo.

No nível de processamento estudou-se o tempo de pré-cozimento em água fervente e o perfil de secagem.

2.3.2 Composição das farinhas

- a.1: 100% farinha de arroz inativada
- a.2: 80% farinha de arroz inativada
20% amido de milho
- a.3: 65% farinha de arroz inativada
20% farinha de arroz pré-gelatinizada
15% amido de milho.

2.3.3 Tempos de pré-cozimento em água fervente

Submeteu-se as três farinhas (item 2.3.2) aos seguintes tempos de pré-cozimento:

- teste b.1: 10 minutos
- teste b.2: 8 minutos
- teste b.3: 6 minutos
- teste b.4: 4 minutos.

O perfil de secagem foi estabelecido nas seguintes condições: 28°C por 20 minutos; 82°C por 55 minutos; 60°C por 20 minutos; repouso por 4 horas. Desta forma, pôde-se padronizar a umidade final da massa na faixa de 10-12%. As massas que apresentaram umidade elevada foram conduzidas novamente à secagem a 60°C por 15 a 20 minutos e submetidas a repouso por 60 a 90 minutos. O repouso consiste em cessar ventilação e apenas manter o produto dentro do secador.

2.3.4 Efeito do perfil de secagem

As condições de secagem foram estudadas paralelamente, repetindo-se os testes sob as condições ótimas de matéria-prima e de tempo de pré-cozimento, a fim de avaliar o perfil de temperatura da secagem. Após vários testes, foram fixadas as seguintes temperaturas de secagem:

Teste c.1*: Temperatura de 28°C por 20 minutos
Temperatura de 80°C por 65 minutos
Temperatura de 60°C por 35 minutos
Repouso por 4 horas e meia.

Teste c.2: Temperatura de 80°C por 50 minutos/Repouso por 25 minutos
Temperatura de 60°C por 20 minutos/Repouso por 25 minutos
Temperatura de 60°C por 20 minutos/Repouso por 50 minutos.

Teste c.3: Temperatura de 80°C por 65 minutos Temperatura de 60°C por 35 minutos
Repouso por 4 horas e meia.

2.3.5 Efeito do agente espessante Methocel K4M

Repetiram-se os testes com as três composições de matérias-primas citadas no item 2.3.2, com adição de 0,7% de hidroxipropilmetilcelulose, marca comercial Methocel K4M Premium, a fim de avaliar a interação deste com as farinhas.

*c.1 Similar à curva padrão utilizada em 2.3.3, ajustada para carga maior.

Foram utilizadas as condições ideais de tempo de pré-cozimento e perfil de secagem estabelecidas nos itens 2.3.3 e 2.3.4. Denominou-se:

Teste d.1: Formulação com adição de 0,7% de methocel.

Teste d.2: Formulação sem methocel.

2.3.6 Efeito do Ácido Ascórbico

Repetiram-se os testes com as três composições de matérias-primas citadas no item 2.3.2, acrescidas de 0,085% de ácido ascórbico.

Foram utilizadas as condições ideais para o tempo de pré-cozimento e perfil de secagem estabelecidas nos itens 2.3.3 e 2.3.4. Denominou-se:

Teste e.1: Formulação com adição de 0,085% de ácido ascórbico.

Teste e.2: Formulação sem ácido ascórbico.

2.3.7 Efeito do emulsificante mono e diglicerídeo

Apesar do mono e diglicerídeo ter sido incorporado na formulação básica foi realizado teste específico para avaliar o efeito deste emulsificante. Denominou-se:

Teste f.1: Formulação com adição de 0,05% mono e diglicerídeo.

Teste f.2: Formulação sem mono e diglicerídeo.

Esquemmatizou-se os experimentos da seguinte forma:

1ª Fase - Com condição-padrão de secagem:

Tempos de pré-cozimento	Composição das matérias-primas		
	a.1	a.2	a.3
b.1	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
b.2	Experimento 4	Experimento 5	Experimento 6
b.3	Experimento 7	Experimento 8	Experimento 9
b.4	Experimento 10	Experimento 11	Experimento 12

2ª Fase - Com condições ótimas de composição das matérias-primas e tempo de pré-cozimento:

Perfil de Secagem c.1: Experimento 13

Perfil de Secagem c.2: Experimento 14

Perfil de Secagem c.3: Experimento 15

3ª Fase - Estudo do efeito dos aditivos methocel e ácido ascórbico. Interação destes com a matéria-prima, mantendo-se as condições de processo (b/c) otimizadas:

Composição das matérias- primas	Aditivo methocel d.1	Aditivo ácido ascórbico e.1
a.1	Experimento 16	Experimento 19
a.2	Experimento 17	Experimento 20
a.3	Experimento 18	Experimento 21

4ª Fase - Estudo do efeito dos aditivos methocel, ácido ascórbico e mono e diglicerídeo:

Teste d.1 X Teste d.2: Experimento 22
 Teste e.1 X Teste e.2: Experimento 23
 Teste f.1 X Teste f.2: Experimento 24

2.4 ANÁLISE SENSORIAL E TESTE DE COZIMENTO

Onze provadores, representados por alunos do curso de graduação de Engenharia de Alimentos da PUCPR, foram selecionados e treinados para o uso de técnicas gerais de análise sensorial. Após essa etapa, houve novo treinamento, utilizando-se os critérios de capacidade discriminativa e de reprodutibilidade, recomendados pela ASTM/STP 434 (1968) e ISO 6658 (1980), resultando em cinco julgadores, treinados especificamente para biscoitos e massas alimentícias.

A equipe reuniu-se em mesa redonda para efetuar análise descritiva dos biscoitos ou massas alimentícias, utilizando o método do consenso, seguindo-se as recomendações descritas pela ISO 6564 (1985) e ISO/DIS 11036 (1991). Inicialmente os julgadores avaliaram os produtos de forma isolada, descrevendo os parâmetros na ordem e da forma com que foram padronizados, para após discutirem e com o auxílio de um líder formalizarem sua redação final. Os seguintes parâmetros foram observados, de acordo com a sequência indicada:

- aparência;
- dureza (parâmetro avaliado na primeira mordida);
- sabor e aroma inicial;
- desenvolvimento do sabor e aroma;
- textura mecânica e geométrica durante o processo de mastigação;
- sensações da textura residual;
- sabor residual.

Para detectar pequenas diferenças utilizou-se o teste triangular, de acordo com a NBR 12995 (ABNT, 1993). A análise dos resultados foi efetuada através da técnica de escolha forçada baseada na distribuição quiquadrada.

A análise final de preferência foi realizada através da escala hedônica de 9 pontos. As posições das amostras foram casualizadas entre os julgadores, utilizando-se delineamento experimental em blocos balanceados (GACULA, 1988; SHIROSE & MORI, 1994). Os dados foram submetidos aos testes estatísticos ANOVA e de Tukey (O'MAHONY, 1986). Os produtos foram apresentados aos julgadores sem qualquer identificação de que fosse especial ou "dietético".

No teste de cozimento, observou-se os parâmetros tradicionais de tempo de cozimento, aumento de peso, aumento de volume e perdas de sólidos solúveis na água de cozimento (VITTI et al, 1988).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PRIMEIRA FASE - ESTUDO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E TEMPOS DE PRÉ-COZIMENTO

Para avaliar o comportamento da mistura de amidos, proposto por PAGANI (1986), selecionou-se amido de milho para compor mistura com farinha de arroz, por ser mais acessível no mercado consumidor. A finalidade básica da mistura é proporcionar tempo e temperatura de gelatinização inferiores às dos amidos puros. A farinha de arroz pré-gelatinizada foi incorporada à mistura das farinhas com o intuito de atingir-se alto grau de gelatinização, a fim de assegurar boa coesividade na textura final da massa alimentícia (PAGANI, 1986).

Foram realizados no total 12 experimentos, sendo que os de número 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10 e 11 resultaram em massa alimentícia inadequada para secagem devido ao surgimento de rachaduras durante o pré-cozimento.

O experimento 6 também resultou em massa alimentícia imprópria para secagem, pois após o pré-cozimento foi observada elevada pegajosidade e conseqüentemente, elevada absorção d'água.

Os produtos resultantes dos experimentos 9 e 12 foram submetidos à análise descritiva e teste de cozimento. O experimento 9 exigiu maior tempo de secagem, complementado com temperatura de 60°C por 30 minutos e repouso por 90 minutos. Estes experimentos (9 e 12) foram repetidos, em paralelo, para avaliação dos parâmetros de cozimento, obtendo-se as médias apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - TESTE DE COZIMENTO PARA ESPAGUETE RESULTANTE DOS EXPERIMENTOS NA 1ª FASE

EXPERIMENTO	TEMPO DE COZIMENTO	UMIDADE (%)	AUMENTO DE PESO (%)	AUMENTO DE VOLUME (%)	SÓLIDOS SOLÚVEIS (%)
9	5 min	11,26	140,46	146,08	11,00
		5,62*	3,02*	3,33*	6,03*
12	6,5 min	9,98	151,78	163,80	9,18
		4,07*	1,01*	1,52*	4,61*

* Coeficiente de variação para experimento repetido 3 vezes.

Constatou-se que o experimento 12, com tempo de 4 minutos de pré-cozimento e a composição de matéria-prima 65% farinha de arroz + 20% farinha de arroz pré-gelatinizada + 15% amido de milho, foi o que apresentou as condições de cozimento mais adequadas, principalmente quanto ao teor de sólidos solúveis. O experimento 9, diferindo do 12 apenas no tempo de pré-cozimento que foi de 6 minutos, resultou em espagete com sólidos solúveis na água de cozimento acima de 10%, sendo considerado de qualidade ruim segundo os padrões recomendados por IRVINE (1971) e VITTI et al (1988).

3.1.1 Resultados da análise sensorial descritiva

O espagete do experimento 9 com 6 minutos de pré-cozimento não apresentou boa aparência mostrando-se pegajoso na superfície, gomosidade e desmanchando-se no prato em que foi servido. Embora a dureza tenha sido considerada ideal a textura na mastigação não foi consistente e homogênea, desintegrando-se muito rapidamente. O produto apresentou sabor diferente do macarrão convencional, aroma suave e característico de arroz cozido, sem residual.

O espagete do experimento 12 com pré-cozimento de 4 minutos revelou aparência muito boa, com formato regular, sem nenhuma pegajosidade e coloração adequada. Apresentou dureza ideal, boa consistência, ou seja, coesividade adequada ao desmanchar na boca, sabor diferente, com suave aroma característico de arroz, sem residual.

O pré-cozimento com 6 minutos resultou em massa com alto teor de sólidos solúveis na água de cozimento e textura superficial pegajosa na avaliação sensorial, além de exigir maior tempo de secagem. Julgou-se então que o tempo de 4 minutos de pré-cozimento foi o ideal.

3.2 SEGUNDA FASE - INFLUÊNCIA DO PERFIL DE SECAGEM

O estudo do perfil de secagem foi realizado submetendo-se o experimento 12 às condições de secagem **c.1**, **c.2** e **c.3**, originando os experimentos 13, 14 e 15, respectivamente. As massas alimentícias apresentaram características muito similares, tendo sido avaliadas sensorialmente através de teste triangular, conforme descrito a seguir:

Grupo 1: Experimento 13 (**c.1**) X Experimento 14 (**c.2**)
Número de julgamentos totais = 18
Número de julgamentos corretos = 8
Resultado: Não foi constatada diferença sensorial significativa entre os espaguetes submetidos às condições de secagem **c.1** e **c.2**.

Grupo 2: Experimento 13 (**c.1**) X Experimento 15 (**c.3**)
Número de julgamentos totais = 18
Número de julgamentos corretos = 6
Resultado: Não foi constatada diferença sensorial significativa entre os espaguetes submetidos às condições de secagem **c.1** e **c.3**.

Grupo 3: Experimento 14 (**c.2**) X Experimento 15 (**c.3**)
Número de julgamentos totais = 18
Número de julgamentos corretos = 9
Resultado: Não foi constatada diferença sensorial significativa entre os espaguetes submetidos às condições de secagem **c.2** e **c.3**.

Os resultados do teste de cozimento das massas alimentícias (Tabela 2) indicaram que os parâmetros estudados também não apresentaram variação significativa.

Comparando-se a curva de secagem **c.2** (± 190 minutos) e a curva de secagem **c.3** (370 minutos), selecionou-se a secagem mais rápida, tendo em vista que estas não resultaram em massas alimentícias com diferenças significativas entre si.

3.3 TERCEIRA FASE - INTERAÇÃO DOS ADITIVOS COM AS MATÉRIAS-PRIMAS

As características dos espaguetes dos experimentos 16, 17, 19 e 20, da terceira fase (Tabela 3) resultaram em massas alimentícias inadequadas para a operação de secagem. Durante o pré-cozimento, estas apresentaram trincas transversais e longitudinais. Portanto, os aditivos utilizados não exerceram efeito interativo com as matérias-primas **a.1** (100% farinha de arroz) e **a.2** (80% farinha de arroz + 20% amido de milho).

TABELA 2 - TESTE DE COZIMENTO PARA ESPAGUETE RESULTANTE DOS EXPERIMENTOS DA 2ª FASE

EXPERIMENTO	TEMPO DE COZIMENTO	UMIDADE (%)	AUMENTO DE PESO (%)	AUMENTO DE VOLUME (%)	SÓLIDOS SOLÚVEIS (%)
13 (c.1)	6,5 minutos	10,60	168,2	210,0	8,36
		0,13*	0,41*	0,31*	3,61*
14 (c.2)	6,5 minutos	9,80	157,6	219,4	8,54
		1,10*	0,80*	0,20*	1,16*
15 (c.3)	6,5 minutos	11,30	160,6	219,4	9,89
		0,20*	1,06*	0,00*	3,80*

* Coeficiente de variação para amostragem em triplicata.

As massas alimentícias resultantes dos experimentos 18 e 21 foram avaliadas pelo teste de cozimento e os resultados são apresentados na Tabela 4.

TABELA 3 - EFEITO DA INTERAÇÃO DOS ADITIVOS METHOCEL E ÁCIDO ASCÓRBICO COM AS MATÉRIAS-PRIMAS NAS CARACTERÍSTICAS DO ESPAGUETE

EXPERIMENTO	COMPOSIÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS	ADITIVO UTILIZADO	CARACTERÍSTICAS NO PRÉ-COZIMENTO
16	100% far. arroz inativada	0,7% methocel	Rachaduras longitudinais e quebras
17	80% far. arroz inativada 20% amido de milho	0,7% methocel	Rachaduras longitudinais e quebras
18	65% far. arroz inativada 20% far. arroz pré-gelat. 15% amido de milho	0,7% methocel	Satisfatórias - produto submetido à secagem e avaliação
19	100% far. arroz inativada	0,085% ácido ascórbico	Rachaduras longitudinais e quebras
20	80% far. arroz inativada 20% amido de milho	0,085% ácido ascórbico	Rachaduras longitudinais e quebras
21	65% far. arroz inativada 20% far. arroz pré-gelat. 15% amido de milho	0,085% ácido ascórbico	Satisfatórias - produto submetido à secagem e avaliação

Quanto aos parâmetros de cozimento dos espaguetes resultantes dos experimentos 18 e 21 constatou-se que o aumento de peso foi da ordem de 1,7 vezes e o de volume 1,9 vezes em relação ao original, acréscimo não significativo quando comparado com os dados do experimento 12 (aumento de peso = 1,5 vezes e aumento de volume = 1,6 vezes) porque estes não foram realizados simultaneamente. Pelo mesmo motivo, também não foi considerada a comparação do teor de sólidos solúveis na água de cozimento para os experimentos 18 e 21 em relação ao experimento 12. A quarta fase de testes teve a finalidade de comparar especificamente o efeito destes aditivos.

TABELA 4 - TESTE DE COZIMENTO DOS ESPAGUETES RESULTANTES DOS EXPERIMENTOS DA 3ª E 4ª FASES

EXPERIMENTO	UMIDADE (%)	AUMENTO DE PESO (%)	AUMENTO DE VOLUME (%)	SÓLIDOS SOLÚVEIS (%)
18 - Fórmula-base com methocel	10,30	173,96	193,00	6,73
	0,58*	1,63*	0,36*	4,82*
21 - Fórmula-base com ácido ascórbico	9,99	175,80	190,00	8,85
	1,08*	2,08*	0,21*	6,03*
22 - sem methocel com methocel	10,20	190,12	195,45	7,27
	4,68*	1,36*	0,00*	4,57*
		175,96	195,45	6,66
	10,77	1,16*	0,00*	5,73*
	3,36*			
23 - sem ácido ascórbico com ácido ascórbico	10,21	177,95	202,36	5,50
	6,24**	3,42**	1,21**	0,56**
	11,26	184,94	200,44	9,52
24 - sem mono diglicerídeo com mono diglicerídeo		182,46	225,00	7,30
	9,60	7,47*	5,35*	1,06*
	0,10*	174,80	212,50	7,20
	9,01	1,41*	0,00*	2,15*
	0,11*			

Tempo de cozimento = 6 minutos e meio.

* Coeficiente de variação para amostragem em triplicata.

** Coeficiente de variação para experimento repetido 3 vezes.

Estes resultados da terceira fase de experimentos vieram comprovar a eficácia da composição de farinhas e demonstraram a importância da adição da farinha de arroz pré-gelatinizada para garantir alto grau de gelatinização. Os autores MILATOVIC & BALLINI (1986), PAGANI (1986) e RESMINI et al (1984) recomendaram que somente alto grau de gelatinização do amido podem assegurar bons resultados para massas alimentícias isentas de glúten.

DEL ROSARIO & PONTIVEROS (1983) demonstraram que o amido do arroz apresenta velocidade de retrogradação muito mais rápida quando combinado com outros amidos, sendo que o de milho resultou na melhor combinação, dentre os amidos de feijão da variedade *Phaseolus Aureus* ("mungbean"), mandioca, trigo e batata. Apesar da combinação 80% farinha de arroz inativada + 20% amido de milho não ter demonstrado resultados satisfatórios, observou-se que a composição 65% farinha de arroz inativada + 20% farinha de arroz pré-gelatinizada + 15% amido de milho resultou em combinação, teoricamente, ótima. Esta apresenta mistura de amidos com o propósito de diminuir tempo e temperatura de gelatinização (PAGANI, 1986) e o amido de milho é o melhor para contribuir na retrogradação.

3.4 QUARTA FASE - EFEITO DE ADITIVOS

Os experimentos 22, 23 e 24 foram realizados com o propósito de comparar especificamente o efeito de methocel, ácido ascórbico e mono e diglicerídeo, respectivamente. Desta forma, retirou-se o mono e diglicerídeo da formulação base para os experimentos números 22 e 23, sob as condições ótimas previamente estudadas de tempo de pré-cozimento (b.4), perfil de secagem (c.2) e matéria-prima (a.3).

Os resultados dos testes de cozimento das massas alimentícias são apresentados na Tabela 4. De forma geral, observa-se variação no aumento de peso, conseqüente da adição de methocel, diminuindo de 1,90 para 1,76 vezes em relação à massa crua, além de variação expressiva no teor de sólidos solúveis, conseqüente da adição de ácido ascórbico, o qual aumentou de 5,50 para 9,52%.

O parâmetro de perdas de sólidos solúveis durante o cozimento é considerado o mais crítico, supondo-se que os demais podem ser relativos à características intrínsecas da matéria-prima e do processamento. Portanto, os padrões habitualmente usados para massa alimentícia convencional, isto é, de farinha de trigo e sem pré-cozimento, não podem ser adotados.

A fim de diagnosticar se as massas alimentícias possuem diferenças sensoriais perceptíveis, utilizou-se o teste triangular, obtendo-se os seguintes resultados:

- Experimento 22 (Formulação sem X com methocel):

Número de julgamentos totais = 16

Número de julgamentos corretos = 8

Resultado: Não foi constatada diferença sensorial significativa entre os espaguetes formulados com e sem o aditivo methocel.

- Experimento 23 (Formulação sem X com ácido ascórbico):

Número de julgamentos totais = 16

Número de julgamentos corretos = 5

Resultado: Não foi constatada diferença sensorial significativa entre os espaguetes formulados com e sem ácido ascórbico.

- Experimento 24 (Formulação sem X com mono e diglicerídeo):

Número de julgamentos totais = 18

Número de julgamentos corretos = 8

Resultado: Não foi constatada diferença sensorial significativa entre os espaguetes formulados com e sem aditivo mono e diglicerídeo.

Analisando-se os resultados, tem-se que:

- A adição do espessante methocel, substância gel formadora para auxiliar as propriedades funcionais de massa que não contenham glúten, não resultou em diferença sensorial significativa no espagete e também não apresentou grandes variações nos parâmetros de cozimento, observando-se pequena redução no parâmetro de aumento de peso da massa cozida. A hidroxipropilmetilcelulose foi indicada por BELL (1990), DZIEZAK (1991a) e NISHITA et al (1976) para incrementar a viscosidade da massa e aumentar as forças de ligação das células que retêm o gás na produção de pães, porém o seu comportamento em massas alimentícias não foi pesquisado e não se encontrou referências sobre a sua aplicação em macarrão;
- A adição do ácido ascórbico, que possui efeito específico sobre a rede de glúten, neste caso, poderia auxiliar no pH para favorecer a retrogradação do amido (PAGANI, 1986; COLLISON, 1968). Apesar de não haver diferença sensorial significativa entre os espaguetes com e sem este aditivo, constatou-se que a presença do ácido ascórbico na formulação aumenta a perda de sólidos solúveis na água de cozimento. O experimento foi repetido por mais duas vezes, para confirmação dos resultados, evidenciando-se que o ácido ascórbico apresenta efeito contrário para as

massas alimentícias isentas de glúten, em relação às produzidas com farinha de trigo. O ácido ascórbico é usualmente empregado no macarrão convencional para aumentar a resistência durante o cozimento (MILATOVIC & MONDELLI, 1991);

- Os mono e diglicerídeos de ácidos graxos, de acordo com DZIEZAK (1988b), KROG (1977) e BIRNBAUM (1971) formam complexos com a amilose e previnem a solubilização do amido na água de cozimento do macarrão. Porém, este aditivo não apresentou efeito sobre a perda de sólidos solúveis durante o cozimento, bem como nos demais parâmetros e, ainda, não foi constatada diferença sensorial significativa entre as amostras. Pode-se dizer que o emulsificante utilizado, do tipo saturado, não destilado, com 40% de monoglicerídeo, não é suficiente para apresentar efeito no espaguete pré-cozido. Para KROG (1977) os mono e diglicerídeos destilados, contendo 90% de monoéster, saturados, são os mais eficazes, apresentando um índice de complexação com a amilose entre 87 e 92%, enquanto os saturados, não destilados, apresentam índice de complexação de 42%. O mesmo autor acrescentou que, para produtos amiláceos puros, os mono e diglicerídeos destilados devem ser adicionados na forma de dispersão aquosa. Esta foi a forma utilizada em todos os experimentos do espaguete pré-cozido. No caso específico deste processo, procurou-se atingir o nível máximo de retrogradação do amido, através do pré-cozimento e resfriamento imediato. A estrutura final após o processo de secagem do macarrão, com novas propriedades cristalinas, não formou mais complexos da amilose com mono e diglicerídeos;
- MILATOVIC & MONDELLI (1991) demonstraram que a utilização de 0,002% de ácido ascórbico em relação à farinha de trigo, associada com secagem a alta temperatura, aumenta a resistência do macarrão durante o cozimento. Nesse mesmo estudo, outra massa de farinha de trigo com ovos aditivada com 0,002% de ácido ascórbico e 0,3% de mono e diglicerídeos (base na farinha) indicou que o mono e diglicerídeo previniu principalmente a passagem das proteínas na água de cozimento. Desta forma, observou-se que para a farinha de trigo, o ácido ascórbico na ordem de 200 ppm (parte por milhão) apresentou resultados significativos, bem como o aditivo mono e diglicerídeo, largamente utilizado nas indústrias de massas alimentícias. Entretanto, para as três composições de matérias-primas utilizadas na terceira fase, experimentos 19, 20 e 21 (com ácido ascórbico e mono e diglicerídeo), e para os experimentos 23 e 24 (efeito do ácido ascórbico e do mono e diglicerídeo respectivamente), estes aditivos não apresentaram funcionalidade, mesmo quando associados à secagem em altas temperaturas;

- Não foram encontrados estudos sobre o efeito dos aditivos methocel, ácido ascórbico e monoglicerídeo para matérias-primas não convencionais na fabricação do macarrão. Na questão da produção de massas alimentícias de outros cereais que não o trigo, obteve-se apenas a sugestão de PAGANI (1986) e RESMINI et al (1984) de que os aditivos poderiam auxiliar, mas o critério essencial deve ser o de selecionar a tecnologia apropriada para cada tipo característico de cereal ou matéria-prima utilizada.

4 CONCLUSÃO

- A tecnologia desenvolvida para o espagete pré-cozido apresentou condições de processamento ótimas para pré-cozimento em água fervente por 4 minutos e para a composição de matérias-primas de 65% farinha de arroz inativada + 20% farinha de arroz pré-gelatinizada + 15% amido de milho. Quanto ao perfil de temperatura de secagem não houve diferença significativa entre os espaguetes submetidos às três diferentes condições testadas. Por questões econômicas e operacionais, selecionou-se o perfil de secagem de menor tempo, 190 minutos, a 80°C e 60°C intercalados com períodos de repouso dentro do secador.

- Os aditivos methocel, ácido ascórbico e mono e diglicerídeos não apresentaram diferença sensorial significativa no espagete pré-cozido formulado com e sem os respectivos aditivos. O ácido ascórbico apresentou efeito de aumentar a percentagem de sólidos solúveis na água de cozimento do macarrão. Quanto aos demais parâmetros tradicionais de cozimento, os aditivos não causaram efeito significativo.

- O espagete atingiu média de 5,8 pontos na análise de preferência por escala hedônica, equivalente ao conceito "gostei ligeiramente". Considerando-se que os provadores estão habituados ao consumo do espagete convencional e que o produto em questão é o que exige mais em termos de qualidade do "glúten", pode-se dizer que o objetivo de obter produto com aceitação sensorial foi alcançado.

- A tecnologia desenvolvida apresenta possibilidade de ser utilizada com vantagens em nível industrial. O processo inicial de pré-cozimento e resfriamento das massas alimentícias pode ser automatizado por banho d'água com esteiras motoras, acrescentando-se que para massas curtas este processo seria ideal. Desenvolveu-se processo que apresenta projetos de equipamentos relativamente baratos.

Abstract

Pasta technology without gluten was developed in pilot scale. The ideal parameters were 4 minutes pre-cooking time-quick drying at 80 °C and 60°C for a composite of 65% rice flour, 20% gelatinized rice flour and 15% corn starch. Monoglycerides, methocel K4M additives showed no function to the process. The addition of ascorbic acid resulted in the increasing of total organic matter in the cooking water. The spaghetti was evaluated by a taste panel and the value given was 5,8 points in the hedonic scale.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Manual on Sensory Testing Methods**. STP 434. New York : ASTM, 1968. 77 p.
- 2 AMUSSEN, Helen W., SHARP, Roy N., SHARP, Carolyn Q. The feasibility of making soups from rice flour and hydrolized rice. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 90, n. 7, p. 991-993, July 1990.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Teste triangular em análise sensorial dos alimentos e bebidas: procedimento**. NBR 12995. Rio de Janeiro : ABNT, 1993.
- 4 BELL, David A. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 35, n. 10, p. 1001-1007, Oct. 1990.
- 5 BIRNBAUM, H. The relationship of the physical state of emulsifiers and their efficacy in breadmaking. **The Bakers Digest**, v. 45, n. 6, p. 22-29, June 1971.
- 6 BOWMAN, Ferne, DILSAVER, Willene, LORENZ, Klaus. Rationale for baking wheat, gluten, egg and milk-free products. **The Bakers Digest**, v. 47, n. 2, p. 15-22, Apr. 1973.
- 7 BURTON, Benjamin. Nutrição e dieta nos distúrbios de má absorção. In: _____. **Nutrição humana**. São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1979. p. 335-347
- 8 CAMPOS, J.V.M. Doença celíaca. In: GUIMARÃES, R.X., VILELA, M.P. **Gastroenterologia**. São Paulo : Sarvier, 1979. p. 77-84
- 9 COLLISON, L. Starch retrogradation. In: RADLEY, J.A. **Starch and its derivatives**. London : Chapman and Hall LTD., 1968. p. 194-202

- 10 COOPER, L.F. et al. **Nutrition in health and disease.** 13. ed. Philadelphia : J.B. Lippincott, 1958.
- 11 DEL ROSARIO, R.R., PONTIVEROS, C.R. Retrogradation of some starchmixtures. **Starch/Stärke**, v. 35, n. 3, p. 86-92, 1983.
- 12 DZIEZAK, Judie D. Emulsifiers: the interfacial key to emulsion stability. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 10, p. 172-186, Oct. 1988.
- 13 _____. A focus on gums. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 3, p. 115-131, Mar. 1991.
- 14 GACULA Jr., MÁXIMO, C. Experimental design and analysis. In: MOSKOWITZ, H. **Applied Sensory Analysis of Foods.** Boca Raton : CRC Press, 1988. v. 2
- 15 GOERTZ, Grace E., HOOPER, Anna S., ROGERS, Patricia J. Effect of variations on rice flour cake. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 46, n. 3, p. 207-209, Mar. 1965.
- 16 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Sensory analysis: methodology: general guidance.** ISO 6658. Switzerland, 1980.
- 17 _____. **Sensory analysis: methodology: flavour profile methods.** ISO 6564. Switzerland, 1985.
- 18 _____. **Sensory analysis: methodology: texture profile analysis.** ISO/DIS 11036. Switzerland, 1991.
- 19 IRVINE, G.N. Durum wheat and pasta products. In: POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology.** St. Paul, Mn : American Association of Cereal Chemists, 1971. p. 777-796
- 20 JULIANO, B. Rice: recent progress in chemistry and nutrition. In: INGLETT, G.E., MUNCK, L. **Cereals for food and beverages: recent progress in cereal chemistry and technology.** New York : Academic Press, 1980. p. 409-428
- 21 KOWLESSAR, O. D. Dietary gluten sensitivity updated. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 60, n. 6, p. 475-477, June 1972.
- 22 KRAUSE, M. Doenças do sistema gastrintestinal. In: _____. **Alimentos, nutrição e dietoterapia.** 6. ed. São Paulo : Roca, 1984. p. 546-556
- 23 KROG, N. Functions of emulsifiers in food systems. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 54, n. 3, p. 124-131, Mar. 1977.

- 24 LORENZ, K. Cereals and schizophrenia. In: POMERANZ, Y. **Advances in cereal science and technology**. St. Paul, Mn. : American Association of Cereal Chemists, 1990. p. 435-466
- 25 MILATOVIC, Ljubomir, BALLINI, Nicola. Un nuovo approccio tecnologico e nutrizionale alla produzione della pasta. **Tecnica Molitoria**, v. 37, n. 10, p. 801--815, oct. 1986.
- 26 _____, MONDELLI, G. **Pasta technology today**. Pinerolo : Chirioti, 1991. 349 p.
- 27 MITCHELL, H.S. et al. **Nutrição**. 16. ed. Rio de Janeiro : Interamericana, 1978. 567 p.
- 28 O'MAHONY, M. **Sensory evaluation of food: statistical methods and procedures**. New York : Marcel Dekker, 1986. 487 p.
- 29 NISHITA, K.D., ROBERTS, R. L., BEAN, M.M. Development of a yeast-leavened rice-bread formula. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 53, n. 5, p. 626- 635, Sept./Oct. 1976.
- 30 PAGANI, M.A. Pasta products from non conventional raw materials. In: MERCIER, Ch., CANTARELLI, C. **Pasta and extrusion cooked foods**. Tecnoalimenti Food Technology and Nutrition Series, n. 1. New York : Elsevier Applied Science, 1986. p. 52-68
- 31 PENNA, Francisco J., MOTA, Joaquim A.C. Doença celíaca. In: DANI, R., CASTRO, L.P. **Gastroenterologia clínica**. 2. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1988. v. 1
- 32 PIZZINATO, A., SHREBERNICH, S.M. A doença celíaca e a ingestão de produtos contendo trigo. **Revista de Nutrição da PUCCAMP**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 9-27, jan./jun. 1992.
- 33 POMERANZ, Y. Allergies to Cereals. In: _____. **Advances in cereal science and technology**. St. Paul, Mn. : American Association of Cereal Chemists, 1984. p. 331- 356.
- 34 PRADO, J., BETTARELO, A. Doença celíaca. In: _____. **Manual de gastroenterologia clínica**. São Paulo : Roca, 1988. p. 117-121
- 35 RESMINI, P., LENNER, A., DE BERNARDI, G., DALBON, G. **Tecnologia e microstruttura di paste alimentari a base di farina di riso**. Milano : Pubblicazione scientifica a cura del Centro Recherche Soc. Braibanti, 1984.

- 36 SHIROSE, Issao, MORI, Emília E.M. **Estatística aplicada à análise sensorial**. Campinas : ITAL, 1994. 73 p. Manual Técnico Nº 13
- 37 SLEISENGER, Marvin H. et al. A wheat-, rye-, and oat-free diet. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 33, p. 1137-1140, nov. 1957.
- 38 TAYLOR, Steve L. Food allergies. **Food Technology**, Chicago, v. 39, n. 2, p. 98 -105, Feb. 1985.
- 39 VITTI, P., GARCIA, E.E.C., OLIVEIRA, L.M. **Tecnologia de biscoitos e massas alimentícias**. Campinas : ITAL, 1988. Manual Técnico nº 1