

ABSORÇÃO DE ÁGUA E PROPRIEDADES ESPUMANTES DE FARINHAS EXTRUSADAS DE TRIGO E SOJA¹

Sin H. WANG^{2,*}, Geisa O. ROCHA², Talita P. NASCIMENTO², José L.R. ASCHERI³

RESUMO

Com o objetivo de verificar a possibilidade do uso de farinha extrusada de trigo e soja para bolo esponja, foram estudadas absorção de água (AA) e propriedades espumantes destas farinhas, as quais foram, anteriormente, extrusadas em três velocidades de rotação de parafuso (VRP) e três temperaturas do canhão (TC), usando-se três níveis de umidade. AA, expansão de espuma (EE) e estabilidade de espuma aumentaram, à medida que se aumentavam a VRP e a TC em 23% de umidade. Contudo, em 26 e 29% de umidade, o maior valor da AA e da estabilidade de espuma foram obtidos em 150 rpm a 90°C. EE aumentou com o aumento da VRP em 80°C, mas em 90 e 100°C, os maiores valores foram verificados em 150 rpm. Sendo assim, a farinha mista com 23% de umidade, extrusada em 180 rpm a 100°C, bem como aquela com 26% de umidade, extrusada em 150 rpm a 90°C, são recomendadas para o uso em bolo esponja.

Palavras-chave: farinha pré-cozida, mistura de trigo e soja, propriedades tecnológicas.

SUMMARY

WATER ABSORPTION AND WHIPPING PROPERTIES OF EXTRUSION-COOKED WHEAT-SOYBEAN FLOURS. In order to verify the possibility of use of the extrusion-cooked wheat-soybean flour for sponge cake, water absorption (WA) and whipping properties of these flours were studied, which were, previously, extruded in three speeds screw rotation (SSR) and three barrel temperatures (BT), being used three moisture levels. WA, expansion of foam (EF) and stability of foam (SF) increased as increased SSR and BT at 23% moisture. However, at 26 and 29% moisture, the largest values of WA and of SF were obtained in 150 rpm at 90°C. EF increased as SSR increased at 80°C, but at 90 and 100°C, the largest values were verified in 150 rpm. In conclusion, the mixed flour with 23% moisture, extruded in 180 rpm at 100°C, as well as that one with 26% moisture, extruded in 150rpm at 90°C, are recommended for use in sponge cake.

Keywords: pre-cooked flour, wheat-soybean mixture, technological properties.

1 - INTRODUÇÃO

A soja tem sido reconhecida como excelente fonte de proteína para fortificar produtos de trigo, através da complementação mútua de aminoácidos e do aumento no conteúdo de proteínas totais [2]. Entretanto, a aceitação de um ingrediente protéico pela indústria de alimentos não se deve apenas às suas qualidades nutricionais, mas também às suas propriedades funcionais, as quais definem aplicações comerciais [7].

Vários estudos têm demonstrado a contribuição de soja na melhoria de certas propriedades funcionais em sistemas alimentares. As proteínas de soja são consideradas bons agentes de aeração, tendo propriedades espumantes adequadas e podendo ser utilizadas, funcionalmente, em manufatura de suflês, suspiro, doces congelados, coberturas de bolos, sorvetes e outros [20].

¹Recebido para publicação em .8/11/2005 Aceito para publicação em 28/4/2006 (001634)

²Departamento de Economia Doméstica – ICHS, UFRRJ
BR-465, Km 47, CEP 23890-000, Seropédica (RJ)

E-mail: sin-hueiwang@bol.com.br; yzzaufrrj@hotmail.com; tpimenta1@hotmail.com.

³Embrapa Agroindústria de Alimentos

Avenida das Américas, 29.501, CEP 23020-470 – Guaratiba, Rio de Janeiro (RJ)

E-mail: ascheri@ctaa.embrapa.br

*A quem a correspondência deve ser enviada

A extrusão termoplástica é definida como um processo contínuo no qual o trabalho mecânico é combinado com a ação do calor para gelatinizar o amido e desnaturar proteínas, plasticizando e reestruturando o material, para criar novas formas e texturas. A operação de extrusão é feita em extrusores. Extrusores de diferentes desenhos são utilizados na produção de alimentos pré-cozidos, proteínas vegetais texturizadas, bebidas instantâneas em pó, sopas instantâneas, alimentos infantis, *snacks*, etc. [14].

Além de possuir os benefícios usuais de um processo térmico convencional, a extrusão termoplástica oferece a possibilidade de melhorar as propriedades funcionais e diminuir a quantidade de materiais anti-nutricionais [3, 6, 17]. Segundo KIM & ROTTIER [9], a farinha pré-cozida, obtida por extrusão de semolina com 30% de umidade a 60°C, foi extremamente adequada para preparo de bolo esponja, por ter apresentado boas propriedades espumantes. WANG *et al.* [19] relataram que o aumento do nível de umidade e da temperatura do extrusor resultou num aumento da absorção de água da farinha extrusada de trigo e soja, o que pode ajudar a manter a umidade da massa de pizza, proporcionando a maciez de sua textura.

Considerando-se que não existe nenhum dado disponível na literatura sobre as modificações ocorridas na absorção de água e nas propriedades espumantes das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes

velocidades de rotação de parafuso em diferentes combinações de umidade e temperatura do canhão, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de otimizar o processo de extrusão para a obtenção de farinhas pré-cozidas adequadas para o uso em bolo esponja.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Matéria-prima

As matérias-primas usadas para os estudos foram: a farinha de trigo, marca número um, adquirida no supermercado local, e grãos de soja *Glycine max (L.) Merrill*, cultivar BRS-156, safra 2002, fornecidos pela Embrapa Soja, Londrina (PR).

2.2 - Métodos

A obtenção de farinhas extrusadas de trigo e soja e todas as análises que seguem foram feitas em duplicata.

2.2.1 - Obtenção de farinha mista crua

Os grãos de soja foram decorticados e branqueados, usando-se a metodologia de WANG *et al.* [17]. Em seguida, foram misturados com a farinha de trigo, na proporção de 10:90 (soja:trigo), em base seca, sendo acrescentada água, em diferentes níveis, e as misturas desintegradas, em moinho granulador de facas e martelos da marca Treu 7,5 CV modelo 112M989, com peneira de 2 mm, para obtenção de farinhas mistas cruas de trigo e soja com 23, 26 e 29% de umidade.

2.2.2 - Composição centesimal aproximada

Na farinha de trigo, nos grãos de soja integrais e decorticados, e na farinha mista crua de trigo e soja (90:10), foram realizadas as análises de umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas, segundo métodos de AACC [1] e de fibra bruta, conforme KAMER & GINKEL [8].

2.2.3 - Processo de extrusão e obtenção da farinha mista pré-cozida

As farinhas mistas cruas de três níveis de umidade foram extrusadas em extrusor Brabender de rosca única, usando velocidade de alimentação constante de 3,6Kg•h⁻¹, três velocidades de rotação de parafuso (N° 3; 120, 150 e 180 rpm) e matriz de lâmina com espessura de 1 mm. Os perfis de temperatura do canhão do extrusor foram de 50°C constante na zona 1 e de 80, 90 e 100°C nas zonas 2 e 3. Os produtos extrusados foram designados nas seguintes seqüências: G23%80, G23%90, G23%100, G26%80, G26%90, G26%100, G29%80, G29%90, G29%100. Em seguida, os produtos extrusados foram secados em estufa a 50°C, com circulação de ar até peso constante com, aproximadamente, 7-8% de umidade, sendo moídos em moinho de martelos Laboratory Mill 3600. As farinhas mistas extrusadas foram submetidas às subseqüentes análises, nas quais a farinha de trigo crua, e a farinha mista crua de trigo e soja (90:10), foram usadas como controle.

2.2.4 - Absorção de água

A absorção de água foi determinada, segundo o método descrito por SOSULSKI [15]. Pesou-se 5 g de amostra num tubo de centrífuga de 50 mL e adicionou-se 30 mL de água destilada. Agitou-se a amostra por 30 s com uma baquete de vidro. O conteúdo foi deixado em repouso por 10 min e, em seguida, centrifugou-se a amostra a 2.300 rpm por 25 min. Decantou-se e esgotou-se o sobrenadante. O tubo foi colocado inclinado para baixo (ângulo de 15° a 20°), numa estufa a 50°C, com circulação de ar, durante 25 min. Esfriou-se o tubo em dessecador e pesou-se. A absorção de água foi calculada em relação a 100 g de amostra.

2.2.5 - Propriedades espumantes

As propriedades espumantes abrangem a expansão de espuma e a estabilidade de espuma, as quais foram determinadas, de acordo com WANG, CABALLERO-CÓRDOBA & SGARBIERI [18]. O cálculo da expansão de espuma, expresso em percentagens, foi feito, conforme o método descrito por LAWHON, CATER & MATIL [10] (Equação 1):

$$\% \text{ Expansão de espuma} = \frac{\text{Vol. após agitação} - \text{vol. antes da agitação}}{\text{Vol. antes da agitação}} \times 100 \quad (1)$$

O volume de espuma foi calculado, considerando-se como 100% o volume de espuma no tempo zero. A percentagem de sinérese, que é o inverso da estabilidade de espuma, foi calculada segundo o método descrito por SATTERLEE, BEMBERS & KENDRICK [13].

2.2.6 - Análise estatística

Foi usado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) nas análises, e os dados obtidos foram submetidos às análises de variância, com posterior comparação das diferenças entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas conforme os métodos descritos por PIMENTEL-GOMES [12].

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta, em base seca, a composição centesimal aproximada da farinha de trigo, dos grãos de soja integrais e decorticados e da farinha mista crua de trigo e soja (90:10).

Através da Tabela 1, observa-se que a composição centesimal aproximada obtida para a farinha de trigo foi semelhante àquela encontrada por LEITÃO, GONÇALVES & VITTI [11]. O teor de cinzas dos grãos de soja decorticados foi semelhante, e os teores de proteína bruta e extrato etéreo foram maiores do que aqueles dos grãos de soja integrais. O alto teor de fibra bruta da soja integral indica que a casca contém grande quantidade deste componente. A soja apresentou maiores teores de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta, do

que quando comparada à farinha de trigo. Uma vez que a soja não contém amido, a farinha mista crua de trigo e soja, na proporção de 90:10, apresentou menor teor de carboidratos, em relação à farinha de trigo.

TABELA 1 – Composição centesimal aproximada (% base seca) da farinha de trigo, dos grãos de soja integrais e decorticados, e da farinha mista crua de trigo e soja (90:10)

Composição (%)	Farinha de trigo	Soja integral	Soja decorticada	Farinha mista crua de trigo e soja
Proteína bruta	13,06	42,04	45,90	16,08
Extrato etéreo	1,25	18,63	20,62	3,19
Cinzas	0,59	4,60	4,52	0,98
Fibra bruta	0,65	6,56	4,48	1,05
Carboidratos ⁽¹⁾	84,45	28,17	24,48	78,70

⁽¹⁾Calculado por diferença (100 – proteína – extrato etéreo – cinzas – fibra bruta).

A Tabela 2 mostra absorção de água (AA) das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas do canhão (TC) nas zonas 2 e 3.

Nota-se que, no nível de 23% de umidade, a AA das farinhas extrusadas de trigo e soja (90:10) aumentou, à medida que se elevavam a VRP (120 a 180 rpm) e a TC (80 a 100°C). Contudo, nos níveis de 26 e 29% de umidade, o aumento da VRP até 150 rpm resultou num aumento de AA

a 80 e 90°C, porém, a 100°C, a AA diminuiu com o aumento da VRP. E para a mesma VRP, verifica-se que o aumento da TC até 90°C causou um aumento de AA, exceto para VRP de 120 rpm em 26% de umidade, na qual houve um aumento contínuo. De modo geral, o aumento de umidade (23 a 29%) proporcionou também maior AA.

O aumento da AA em função da elevação da TC, ocorrido neste presente trabalho, foi semelhante ao encontrado por GONZÁLEZ *et al.* [4] e GUTIÉRREZ & GOMEZ [5], os quais constataram que a AA está relacionada com a capacidade de intumescimento dos grânulos de amido, enquanto se mantém a sua morfologia.

Além da TC, o aumento da VRP e do nível de umidade deste presente trabalho, pode também ter contribuído para maior AA, desde que o aumento dos parâmetros acima citados não causasse rompimento dos grânulos de amido. De acordo com GONZÁLEZ *et al.* [4], a AA do amido, nos níveis de umidade entre 25 e 35%, aumentou com a elevação da TC até 140°C, além da qual, passou a diminuir, por causa da alteração da integridade dos grânulos. A redução de AA do amido de milho extrusado com o aumento da TC (80 a 160°C) foi também verificada por TANG & DING [16].

Acredita-se, portanto, que a AA dependa não só da disponibilidade de grupos hidrofílicos, que ligam as moléculas de água, mas também da capacidade formadora de gel de macromoléculas, como amido gelatinizado. O

TABELA 2 – Absorção de água (AA) das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas do canhão (TC) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾

Identificação da farinha	Nível de umidade (%)	TC (°C)	AA (%) ^{(2),(3)} das farinhas mistas extrusadas em diferentes VRP (rpm)			D.M.S.	C.V. (%)
			120	150	180		
G23%80	23	80	99,20cB	100,16cB	102,91cA	2,13	0,65
G23%90		90	105,92bC	108,23bB	119,35bA		
G23%100		100	109,15aC	112,42aB	148,80aA		
D.M.S.			2,13	2,13	2,13		
C.V.(%)			0,65	0,65	0,65		
G26%80	26	80	100,57cB	111,70cA	110,55bA	2,13	0,65
G26%90		90	120,12bC	156,88aA	128,00aB		
G26%100		100	139,42aA	118,86bB	106,45cC		
D.M.S.			2,13	2,13	2,13		
C.V.(%)			0,65	0,65	0,65		
G29%80	29	80	141,02cB	171,44bA	138,35bC	2,13	0,65
G29%90		90	190,15aB	204,95aA	180,98aC		
G29%100		100	165,08bA	161,28cB	99,73cC		
D.M.S.			2,13	2,13	2,13		
C.V.(%)			0,65	0,65	0,65		

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1:50°C (constante)

⁽²⁾As médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

⁽³⁾AA da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 56,56 e 65,39%, respectivamente

aumento da VRP resulta, no processo de extrusão, em maior atrito entre as moléculas, gerando maior calor, o que por consequência, favorece a gelatinização do amido. A elevação da TC e o aumento do nível de umidade intensificam também o processo de gelatinização. Entretanto, o excesso de calor pode causar a hidrólise do amido, reduzindo a sua capacidade formadora de gel e diminuindo a sua AA.

A AA é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos; valores altos de AA são importantes para ajudar a manter a umidade dos mesmos [7]. As farinhas extrusadas de trigo e soja (90:10) deste presente trabalho, mostraram valores de AA maiores do que aqueles obtidos para farinha de trigo crua (controle) e farinha mista crua (controle). Desta maneira, as farinhas extrusadas estudadas podem ser desejáveis nos produtos cárneos e de panificação, pois permite a adição de mais água à massa, melhorando suas características de manuseio.

Expansão de espuma (EE) das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes VRP, em diferentes combinações de umidade e TC nas zonas 2 e 3, está apresentada na *Tabela 3* e as *Tabelas 4* e *5* mostram, respectivamente, o volume de espuma (VE) e a sinérese após diferentes tempos, das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes VRP, em diferentes combinações de umidade e TC nas zonas 2 e 3.

Pela *Tabela 3*, observa-se que, no nível de 23% de umidade, houve um aumento na EE quando se elevaram

a VRP (120 a 180 rpm) e a TC (80 a 100°C). No entanto, nos níveis de 26 e 29% de umidade, a EE aumentou com o aumento da VRP em 80°C, porém em 90 e 100°C, os maiores valores foram verificados em 150 rpm. Exceto para VRP de 180 rpm, EE aumentou com o aumento da TC e do nível de umidade (23 a 29%).

Através das *Tabelas 4* e *5*, verifica-se que, com o aumento da VRP (120 a 180 rpm) e da TC (80 a 100°C), ocorreu um aumento no VE e uma diminuição na sinérese após 30, 60 e 120 min, no nível de 23% de umidade. Para níveis de 26 e 29% de umidade, os maiores valores do VE e os menores valores da sinérese após 30, 60 e 120 min, foram obtidos em 150 rpm a 90°C. O aumento do nível de umidade (23 a 29%) nem sempre causou aumento no VE e diminuição na sinérese.

A EE está muito relacionada com a concentração de proteínas, sendo necessárias proteínas de cadeias flexíveis, pobres em estruturas secundárias e terciárias que se adaptem rapidamente na interfase ar-líquido. Além disso, é preciso que estas proteínas tenham a possibilidade de formar ligações hidrofóbicas na sua superfície. A estabilidade de espuma se relaciona com a qualidade da proteína, sendo necessário que se formem películas coesivas, elásticas, contínuas e impermeáveis ao ar [3].

A estabilidade de espuma nem sempre se correlaciona com a EE. Alguns produtos de soja apresentam baixa estabilidade, apesar de ter alta EE, enquanto que outros mostram a estabilidade proporcional à EE. A estabilidade de espuma se correlaciona altamente com o grau de desnaturação da proteína [20].

TABELA 3 – Expansão de espuma (EE) das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas do canhão (TC) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾

Identificação da farinha	Nível de umidade (%)	TC (°C)	EE (%) ^{(2),(3)} das farinhas mistas extrusadas em diferentes VRP (rpm)			D.M.S.	C.V. (%)
			120	150	180		
G23%80	23	80	4,67Cc	5,66cB	8,33cA	0,84	3,41
G23%90		90	8,00bB	9,33bA	9,66bA		
G23%100		100	10,00aB	10,67aAB	11,00aA		
D.M.S.			0,84	0,84	0,84		
C.V.(%)			3,41	3,41	3,41		
G26%80	26	80	8,33cC	10,00cB	11,33aA	0,84	3,41
G26%90		90	9,33bC	11,66bA	10,67aB		
G26%100		100	11,33aB	13,33aA	8,66bC		
D.M.S.			0,84	0,84	0,84		
C.V.(%)			3,41	3,41	3,41		
G29%80	29	80	9,33cB	10,67cA	11,33aA	0,84	3,41
G29%90		90	11,00bB	12,33bA	9,66bC		
G29%100		100	12,00aB	13,33aA	7,00cC		
D.M.S.			0,84	0,84	0,84		
C.V. (%)			3,41	3,41	3,41		

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1:50°C (constante)

⁽²⁾As médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

⁽³⁾EE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 45,33 e 38,66%, respectivamente

TABELA 4 – Volume de espuma (VE) após diferentes tempos, das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas do canhão (TC) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾

Identificação da farinha	Nível de umidade (%)	TC (°C)	VE (%) ⁽²⁾ após diferentes tempos (min) das farinhas mistas extrusadas em diferentes VRP (rpm)														
			30min ⁽³⁾			D.M.S.	C.V.	60 min ⁽⁴⁾			D.M.S.	C.V.	120 min ⁽⁵⁾			D.M.S.	C.V.
			120 rpm	150 rpm	180 rpm	(%)	120 rpm	150 rpm	180 rpm	(%)	120 rpm	150 rpm	180 rpm	(%)			
G23%80	23	80	85,71cC	88,99bB	91,28bA	1,54	0,67	77,50bB	80,00cB	90,91bA	2,83	1,29	72,50bB	75,00cB	80,00cA	2,74	1,39
G23%90		90	88,89bB	90,27bAB	91,66bA	1,54	0,67	80,00bB	89,90bA	91,66bA	2,83	1,29	75,00bC	80,00bB	84,52bA	2,74	1,39
G23%100		100	91,66aC	94,44aB	100,00aA	1,54	0,67	91,66aB	94,44aB	100,00aA	2,83	1,29	80,00aC	89,90aB	94,44aA	2,74	1,39
D.M.S.			1,54	1,54	1,54			2,83	2,83	2,83			2,74	2,74	2,74		
C.V. (%)			0,67	0,67	0,67			1,29	1,29	1,29			1,39	1,39	1,39		
G26%80	26	80	87,30cB	91,28bA	91,98aA	1,54	0,67	87,30cB	91,28bA	91,98aA	2,83	1,29	80,00cB	84,52bA	85,71aA	2,74	1,39
G26%90		90	90,91bB	100,00aA	91,28aB	1,54	0,67	90,91bB	100,00aA	91,28aB	2,83	1,29	83,33bB	94,44aA	85,71aB	2,74	1,39
G26%100		100	95,00aB	100,00aA	88,89bC	1,54	0,67	95,00aB	100,00aA	85,71bC	2,83	1,29	88,89aB	91,98aA	80,00bC	2,74	1,39
D.M.S.			1,54	1,54	1,54			2,83	2,83	2,83			2,74	2,74	2,74		
C.V. (%)			0,67	0,67	0,67			1,29	1,29	1,29			1,39	1,39	1,39		
G29%80	29	80	91,28cA	91,98bA	92,30aA	1,54	0,67	89,90aA	91,28bA	91,66aA	2,83	1,29	72,50abB	78,57aA	78,57aA	2,74	1,39
G29%90		90	94,27bB	100,00aA	88,89bC	1,54	0,67	91,66aA	94,44aA	80,00bB	2,83	1,29	75,00aB	80,00aA	66,66bC	2,74	1,39
G29%100		100	100,00aA	100,00aA	81,81cB	1,54	0,67	80,00bA	77,50cA	70,00cB	2,83	1,29	70,00bA	66,66bB	54,54cC	2,74	1,39
D.M.S.			1,54	1,54	1,54			2,83	2,83	2,83			2,74	2,74	2,74		
C.V. (%)			0,67	0,67	0,67			1,29	1,29	1,29			1,39	1,39	1,39		

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1: 50°C (constante)

⁽²⁾As médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

⁽³⁾VE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) após 30 min, foram 32,61 e 46,67%, respectivamente

⁽⁴⁾VE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) após 60 min, foram 9,76 e 9,37%, respectivamente

⁽⁵⁾VE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) após 120 min, foram 6,52 e 6,25%, respectivamente

TABELA 5 – Sinérese após diferentes tempos, das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas do canhão (TC) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾

Identificação da farinha	Nível de umidade (%)	TC (°C)	Sinérese (%) ⁽²⁾ após diferentes tempos (min) das farinhas mistas extrusadas em diferentes VRP (rpm)														
			30 min ⁽³⁾			D.M.S.	C.V.	60 min ⁽⁴⁾			D.M.S.	C.V.	120 min ⁽⁵⁾			D.M.S.	C.V.
			120 rpm	150 rpm	180 rpm	(%)	120 rpm	150 rpm	180 rpm	(%)	120 rpm	150 rpm	180 rpm	(%)			
G23%80	23	80	14,00aA	12,50aB	9,50aC	0,86	4,43	25,00aA	20,00aB	11,25aC	1,03	3,59	30,00aA	25,00aB	20,00aC	3,41	6,56
G23%90		90	12,50bA	9,00bB	8,50bB	0,86	4,43	20,00bA	9,50bB	9,00bB	1,03	3,59	25,00bA	20,00bB	14,30bC	3,41	6,56
G23%100		100	8,75cA	5,00cB	0,00cC	0,86	4,43	8,75cA	6,60cB	0,00cC	1,03	3,59	20,00cA	9,50cB	7,05cB	3,41	6,56
D.M.S.			0,86	0,86	0,86			1,03	1,03	1,03			3,41	3,41	3,41		
C.V. (%)			4,43	4,43	4,43			3,59	3,59	3,59			6,56	6,56	6,56		
G26%80	26	80	12,91aA	8,75aB	8,00bB	0,86	4,43	12,50aA	9,00aB	8,75bB	1,03	3,59	20,00aA	15,65aB	15,50bB	3,41	6,56
G26%90		90	10,00bA	0,00bC	8,50bB	0,86	4,43	9,00bA	0,00bB	8,75bA	1,03	3,59	18,50aA	6,60 bC	14,00bB	3,41	6,56
G26%100		100	5,25cB	0,00bC	13,30aA	0,86	4,43	5,25cB	0,00bC	14,15aA	1,03	3,59	12,50bB	8,50bC	20,00aA	3,41	6,56
D.M.S.			0,86	0,86	0,86			1,03	1,03	1,03			3,41	3,41	3,41		
C.V. (%)			4,43	4,43	4,43			3,59	3,59	3,59			6,56	6,56	6,56		
G29%80	29	80	9,50aA	8,50aB	7,05cC	0,86	4,43	10,00bA	8,50bB	8,00cB	1,03	3,59	27,50abA	22,50bB	22,50cB	3,41	6,56
G29%90		90	6,05bB	0,50bC	12,50bA	0,86	4,43	8,50cB	5,00cC	20,00bA	1,03	3,59	25,00bB	20,00bC	35,00bA	3,41	6,56
G29%100		100	0,00cB	0,00bB	20,00aA	0,86	4,43	20,00aC	25,00aB	30,00aA	1,03	3,59	30,00aC	35,00aB	46,50aA	3,41	6,56
D.M.S.			0,86	0,86	0,86			1,03	1,03	1,03			3,41	3,41	3,41		
C.V. (%)			4,43	4,43	4,43			3,59	3,59	3,59			6,56	6,56	6,56		

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1: 50°C (constante)

⁽²⁾As médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

⁽³⁾Sinérese da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) após 30 min, foram 68,75 e 55,55%, respectivamente

⁽⁴⁾Sinérese da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) após 60 min, foram 90,25 e 90,89%, respectivamente

⁽⁵⁾Sinérese da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) após 120 min, foram 94,55 e 94,75%, respectivamente

Verifica-se, pelo presente trabalho, que houve uma correlação positiva entre a EE e a estabilidade de espuma das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas nos níveis de 23 e 26% de umidade, porém não no nível de 29% de umidade. No processo de extrusão, o aumento da VRP e da TC pode ter contribuído para maior desnaturação da proteína, o que pode ter favorecido ou desfavorecido a formação de películas coesivas, elásticas, contínuas e impermeáveis ao ar, dependendo do nível de umidade aplicado. De maneira geral, as farinhas extrusadas mostraram melhor estabilidade de espuma do que as farinhas cruas (controles).

A EE e a estabilidade de espuma são importantes em produtos de forno, merengues e coberturas de bolos, por ajudarem na incorporação de ar [7]. A farinha de trigo crua (controle) e a farinha mista crua (controle), apesar de ter apresentado excelente EE, não mostraram estabilidade de espuma tão boa, quanto às farinhas extrusadas de trigo e soja (90:10) estudadas, após 120 min. Este fato sugere que, estas farinhas extrusadas, sejam melhores do que as de controle para o uso em produtos de forno, onde a estabilidade da incorporação de ar ajuda a manter boa textura da massa.

4 - CONCLUSÕES

- A absorção de água das farinhas extrusadas de trigo e soja (90:10) aumenta, com o aumento da velocidade de rotação de parafuso e temperatura do canhão, em 23% de umidade. Contudo, em 26 e 29% de umidade, o maior valor desta é obtido em 150 rpm a 90°C.
- A expansão de espuma e a estabilidade de espuma aumentam, à medida que se aumentam a velocidade de rotação do parafuso e temperatura do canhão, em 23% de umidade.
- Em 26 e 29% de umidade, a expansão de espuma aumenta, com o aumento da velocidade de rotação de parafuso em 80°C, e em 90 e 100°C, os maiores valores são encontrados em 150 rpm. Exceto para 180 rpm, a expansão de espuma aumenta, com o aumento da temperatura do canhão. A maior estabilidade de espuma é verificada em 150 rpm a 90°C.
- A farinha de trigo e soja (90:10) com 23% de umidade, extrusada em 180 rpm a 100°C, bem como aquela com 26% de umidade, extrusada em 150 rpm a 90°C, são recomendadas para o uso em bolo esponja, por ter apresentado boa absorção de água e boas propriedades espumantes, especialmente, excelente estabilidade de espuma.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9th ed. St. Paul: AACC, 1995, 2 v.
- [2] CABALLERO-CÓRDOBA, G.M.; WANG, S.H.; SGARBIERI, V.C. Características nutricionais e sensoriais de sopa cremosa semi-instantânea à base de farinhas de trigo e soja desengordurada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 7, p. 1.137-1.143, 1994.
- [3] CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**, Zaragoza: Acribia, 1989, 346 p.
- [4] GONZÁLEZ, R.J.; TORRES, R.L.; DE GREEF, D.M.; GORDO, N.A. Evaluación de almidón de maíz precocido por extrusión-cocción. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, València, v. 26, n. 4, p. 552-564, 1986.
- [5] GUTIÉRREZ, M.V.G. de; GÓMEZ, M.H. Modelo para la extrusión de mezclas maíz: soja (70:30). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 37, n. 3, p. 494-502, 1987.
- [6] HORVÁTH, E.; PETRES, J.; GELENCSE, É.; CZUKOR, B. Effect of extrusion temperature on physico-chemical properties and biological value of soybean-protein. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 18, n. 2, p. 199-211, 1989.
- [7] JAMES, C.; SLOAN, S. Functional properties of edible rice bran in model systems. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 1, p. 310-311, 1984.
- [8] KAMER, J.H. van de; GINKEL, L. van. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 29, n. 4, p. 239-251, 1952.
- [9] KIM, J.C.; ROTTIER, W. Modification of aestivum wheat semolina by extrusion. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 24, n. 2, p. 62-65, 1980.
- [10] LAWHON, J.T.; CATER, C.M.; MATIL, K.F. A comparative study of the whipping potential of an extract from several oilseed flours. **Cereal Science Today**, St. Paul, v. 17, n. 4, p. 240-294, 1972.
- [11] LEITÃO, R.F.F.; GONÇALVES, J.R.; VITTI, P. Utilização da alta temperatura na secagem de macarrão. **Coletânea Ital**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 186-195, 1989.
- [12] PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**, 13^a ed. São Paulo: Nobel, 1991, 468 p.
- [13] SATTERLEE, L.D.; BEMBERS, M.; KENDRICK, J.G. Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris*) protein isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, n. 1, p. 81-84, 1975.
- [14] SGABIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéico: propriedades, degradações, modificações**, 1^a ed. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1996, 517 p.
- [15] SOSULSKI, F.W. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.39, n. 4, p. 344-350, 1962.
- [16] TANG, J.; DING, X.L. Relationship between functional properties and macromolecular modifications of extruded corn starch. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 71, n. 4, p. 364-369, 1994.
- [17] WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; OLIVEIRA, M.F.; FERNANDES, M.S. Características tecnológicas y sensoriales de harinas de arroz-soya (70:30) extruídas para uso como papilla instantânea. **Alimentaria**, Madrid, v. 38, n. 324, p. 77-84, 2001.
- [18] WANG, S.H.; CABALLERO-CÓRDOBA, G.M.; SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais de misturas de farinhas de trigo e soja desengordurada, pré-tratadas por microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**,

Campinas, v. 12, n. 1, p. 14-25, 1992.

- [19] WANG, S.H.; OLIVEIRA, M.F.; COSTA, P.S.; ASCHERI, J.L.R.; ROSA, A.G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizza. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 389-395, 2005.
- [20] YASUMATSU, K.; SAWADA, K. MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T.; ISHII, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 36, n. 5, p. 719-727, 1972.