

Farinha de trigo e soja pré-cozida por extrusão para uso em croquete de carne

Wheat-soybean flour precooked by extrusion for use in beef croquettes

Sin Huei WANG^{1*}, Talita Pimenta do NASCIMENTO¹, Geisa Oliveira ROCHA¹, José Luis Ramírez ASCHERI²

Resumo

Com o objetivo de obter uma farinha pré-cozida de trigo e soja (90:10) com boas características tecnológicas para uso em croquete de carne, foram estudados efeitos de parâmetros da extrusão na capacidade emulsificante (CE) e na estabilidade de emulsão (EE) das farinhas obtidas, e nas características sensoriais do produto elaborado. A mistura foi extrusada em diferentes umidades (23, 26 e 29%), temperaturas de barril (TB: 100, 110, 120 e 130 °C) e velocidades de rotação de parafuso (VRP: n° 4; 120, 150, 180 e 210 rpm). Os resultados indicam que o aumento de VRP e TB aumentou CE e EE até certo ponto, que, ao ser ultrapassado, as fez diminuir. O croquete de carne elaborado com farinha mista com 26% de umidade e extrusada em 150 rpm a 130 °C mostrou melhores sabor e textura, sendo o preferido pela equipe massal de provadores não treinados ao compará-lo com aqueles da farinha de trigo crua e da farinha mista crua. As características sensoriais dos croquetes estudados foram relacionadas com CE e EE das farinhas usadas, sendo que a EE mostrou um efeito mais acentuado do que a CE.

Palavras-chave: croquete de carne; farinha pré-cozida; mistura de trigo e soja; extrusão.

Abstract

To obtain precooked wheat-soybean flour (90:10 ratio) with good technological characteristics for use in beef croquettes, a study was made of the effects of extrusion parameters on the product's emulsifying capacity (EC), emulsion stability (ES), and sensory characteristics. The mixture was extruded with different moisture contents (23, 26 and 29%), barrel temperatures (BT) (100, 110, 120 and 130 °C) and rotation screw speeds (SS) (N° 4; 120, 150, 180 and 210 rpm). The results indicate that the increase of SS and BT increased the EC and ES up to certain point, after which the EC and ES declined. Beef croquettes made of the mixed flour containing 26% of moisture and extruded at 150 rpm and 130 °C showed the best sensory characteristics (flavor and texture), and were preferred by the untrained tasters when compared with croquettes made of raw wheat flour and raw mixed flour. The sensory characteristics of the croquettes were related to the EC and ES of the flours, with ES showing a stronger effect than EC.

Keywords: meat croquettes; precooked flour; wheat-soybean mixture; extrusion.

1 Introdução

Nos últimos anos, o processo de extrusão tem sido considerado como um dos novos processos mais populares desenvolvidos pelas indústrias de alimentos para a produção de alimentos prontos e semiprontos. Além de possuir os benefícios usuais de um processo térmico convencional, a extrusão oferece a possibilidade de modificar estruturas de amido e proteína⁴, melhorando suas características tecnológicas²¹ e sensoriais⁵, além de diminuir a quantidade de materiais antinutricionais e aumentar o valor biológico¹¹.

São conhecidas as vantagens que o processo de extrusão fornece para elaborar alimentos à base de cereais pré-cozidos^{2,23}, assim como a sua eficiência para inativar a enzima lipoxigenase da soja²⁴. A mistura de cereais como trigo com soja apresenta um efeito complementar sobre o balanço de aminoácidos e aumenta os teores de proteínas em produtos finais³. Além do valor nutricional, as propriedades funcionais das misturas podem também contribuir para o êxito de seu uso em sistemas alimentares²¹.

As propriedades emulsificantes são propriedades funcionais importantes nas formulações de alimentos como produtos cárneos, maionese, molhos, sopas, requeijão e outros⁴. Segundo KIM e ROTTIER¹³, a farinha pré-cozida, obtida por extrusão de semolina a 190 °C, foi extremamente adequada para o preparo de croquete de carne, podendo diminuir drasticamente o tempo de cozimento e simplificando o processo deste produto.

Diante do exposto, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de estudar os efeitos do nível de umidade, temperatura de barril e velocidade de rotação de parafuso (n° 4), nas propriedades emulsificantes (capacidade emulsificante e estabilidade de emulsão) das farinhas extrusadas de trigo e soja (90:10), verificando suas contribuições na melhoria de características sensoriais de croquetes de carne semiprontos.

2 Material e métodos

2.1 Matéria-prima

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

2.2 Métodos

A obtenção de farinhas extrusadas de trigo e soja e todas as análises químicas e físico-químicas que se seguem, foram feitas em duplicata.

Recebido para publicação em 29/8/2006

Aceito para publicação em 18/7/2007 (001829)

¹ Departamento de Economia Doméstica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, BR 465, Km 47, CEP 23890-000, Seropédica - RJ, Brasil, E-mail: sin-hueiwang@bol.com.br

² Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29501, CEP 23020-470, Guaratiba, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, E-mail: ascheri@ctaa.embrapa.br

*A quem a correspondência deve ser enviada

Obtenção de farinha mista crua

Os grãos de soja foram descorticados e branqueados, usando-se a metodologia de WANG et al.²⁰. Em seguida, foram misturados com a farinha de trigo, na proporção de 10:90, em base seca, sendo acrescentada água, em diferentes níveis; e as misturas, desintegradas em moinho granulador de facas e martelo da marca Treu 7,5CV modelo 112M989, com peneira de 2 mm, obtendo-se farinhas mistas cruas de trigo e soja com 23, 26 e 29% de umidade.

Composição centesimal aproximada

Na farinha de trigo, nos grãos de soja integrais e descorticados e na farinha mista crua de trigo e soja (90:10), foram realizadas as determinações de umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas, conforme métodos de AACC¹ e de fibra bruta, segundo KAMER e GINKEL¹².

Processo de extrusão e obtenção da farinha mista extrusada

Cada farinha mista crua foi extrusada em extrusor Brabender de rosca única, usando velocidade de alimentação constante de 2,4 kg.h⁻¹, quatro velocidades de rotação de parafuso (nº 4; 120, 150, 180 e 210 rpm) e uma matriz circular com diâmetro de 1 mm. Os perfis de temperatura de barril do extrusor foram de 60 °C constante na zona 1 e de 100, 110, 120 e 130 °C, nas zonas 2 e 3. Os produtos extrusados foram designados nas seguintes seqüências: 23%-100 °C, 23%-110 °C, 23%-120 °C, 23%-130 °C, 26%-100 °C, 26%-110 °C, 26%-120 °C, 26%-130 °C, 29%-100 °C, 29%-110 °C, 29%-120 °C e 29%-130 °C. Em seguida, os produtos extrusados foram secos em estufa a 50 °C, com circulação de ar até peso constante com, aproximadamente, 7-8% de umidade, sendo moídos em moinho de martelo Brabender modelo Duisburg 342, para se obter várias farinhas mistas extrusadas. As mesmas farinhas 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.

Propriedades emulsificantes da farinha mista extrusada

As propriedades emulsificantes abrangem a capacidade emulsificante (CE) e a estabilidade de emulsão (EE), as quais foram determinadas segundo o método de DENCH, RIVAS e CAYGILL⁷.

Amostra com peso de 2,5 g foi suspensa na água destilada (40 mL) e ajustado o pH da suspensão para 7,0 com NaOH ou HCl. Logo após, a suspensão foi agitada por 15 minutos. O pH da suspensão foi verificado e ajustado novamente, quando necessário, e o volume final foi completado para 50 mL. Para esta solução, foram adicionados 50 mL do óleo de soja e misturados à máxima velocidade por 3 minutos, usando-se batadeira Mixer Mallory Robot Classic. A emulsão, assim obtida, foi dividida entre dois tubos de centrífuga de 50 mL e centrifugada a 1300 g por 5 minutos. A CE foi calculada pela relação:

$$\%CE = \frac{\text{Altura da camada emulsificada} \times 100}{\text{Altura total do fluido}} \quad (1)$$

A EE foi determinada pelo mesmo procedimento, porém as emulsões formadas foram aquecidas a 80 °C por 30 minutos, e depois esfriadas sob água corrente por 15 minutos, antes de serem centrifugadas.

$$\%EE = \frac{\text{Altura da camada emulsificada após aquecimento} \times 100}{\text{Altura total do fluido}} \quad (2)$$

Preparo do croquete de carne

Os ingredientes utilizados para o preparo do croquete de carne foram: carne moída (100 g), farinha mista extrusada, farinha mista crua, ou farinha de trigo crua (40 g), açúcar (2,5 g), sal (2,5 g), cebola (15 g), alho (1,5 g), óleo vegetal (15 mL) e leite (20-70 mL, conforme a farinha). Além das farinhas mistas extrusadas, foram usadas como controle a farinha mista crua de trigo e soja (90:10) e a farinha de trigo crua. O croquete de carne foi preparado, dourando a cebola e o alho no óleo vegetal; logo após, acrescentou-se a carne moída que foi refogada em fogo alto, mexendo-se sempre até secar, e temperou-se com sal e açúcar; em seguida, foi esfriada e misturada com a farinha, acrescentando-se quantidade suficiente de leite, até se conseguir manusear a massa. Usou-se esta massa para modelar os croquetes de carne na forma de cilindro com 1,5 cm de diâmetro e 4 cm de comprimento. Depois disso, os croquetes de carne foram fritos, numa fritadeira comercial com óleo quente (± 170 °C), até ficarem dourados, sendo esfriados à temperatura ambiente e guardados para posterior avaliação sensorial.

Avaliação sensorial do croquete de carne

Antes da avaliação sensorial, os provadores foram selecionados e treinados previamente, conforme o método de FERNANDES et al.⁸. Foi avaliada a impressão global para os croquetes de carne, elaborados com farinhas mistas extrusadas anteriormente por diferentes velocidades de rotação de parafuso a cada TB em cada nível de umidade. Foram usadas a Escala Estruturada de 9 pontos (1 = extremamente ruim; 9 = excelente) e uma equipe de 10 provadores treinados. Para cada nível de umidade e para cada TB, foi selecionada apenas uma velocidade de rotação de parafuso na qual a amostra apresentasse a melhor impressão global.

Os croquetes de carne, preparados com farinhas mistas extrusadas selecionadas anteriormente, foram submetidos ao teste sensorial de qualidade (aparência, sabor e textura), usando-se a Escala Estruturada de 9 pontos e os mesmos provadores do teste anterior. Foi assim selecionada a melhor TB para cada nível de umidade, que produzisse melhor qualidade sensorial. Da mesma maneira, foi selecionado o melhor nível de umidade, que desse a melhor qualidade sensorial.

A farinha mista extrusada selecionada, a farinha mista crua e a farinha de trigo crua foram usadas como bases, para preparar os respectivos croquetes de carne, sendo posteriormente, submetidos ao teste massal de preferência, usando-se a Escala Hedônica de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 9 = gostei muitíssimo) e uma equipe de 120 provadores não treinados.

Análise estatística

Para os resultados de análises químicas e físico-químicas, foi usado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), no qual foram feitas análises de variância, com posterior comparação das diferenças entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos testes sensoriais de impressão global e de qualidade (aparência, sabor e textura) com 4 amostras, foi usado o delineamento de blocos incompletos (DBI) com 3 repetições. Nos testes sensoriais de qualidade (aparência, sabor e textura) e de preferência com 3 amostras, foi usado o delineamento de blocos casualizados (DBC) em 3 amostras, com 6 repetições. As diferenças estatísticas entre as amostras foram verificadas pela análise de variância e a comparação entre as médias, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas conforme os métodos descritos por PIMENTEL-GOMES¹⁶ e COCHRAN e COX⁶.

3 Resultados e discussão

A composição centesimal aproximada, obtida da farinha de trigo (Tabela 1), foi semelhante à encontrada por LEITÃO, GONÇALVES e VITTI¹⁴. O teor de cinzas dos grãos de soja descorticados 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 a farinha de trigo. Uma vez que a soja não contém amido, a farinha mista crua de trigo e soja, na proporção 90:10, apresentou menor teor de carboidratos, em relação à farinha de trigo.

O aumento da velocidade de rotação de parafuso (VRP) e temperatura de barril (TB) aumentou a capacidade emulsificante (CE) e a estabilidade de emulsão (EE) das farinhas extrusadas de trigo e soja (90:10) até certo ponto, que, ao ser ultrapassado, as fez diminuir, exceto para VRP de 210 rpm (EE) e para TB de 130 °C (CE e EE) em 23% de umidade (Tabela 2 e 3). Dos três níveis de umidade estudados, a umidade de 26% apresentou as melhores propriedades emulsificantes, especialmente a EE.

Resultados semelhantes foram encontrados por WANG et al.¹⁹ e WANG et al.²², os quais estudaram atividade emulsificante (AE) e EE nas farinhas extrusadas (no extrusor de dupla rosca) de arroz-soja (70:30) e de canjiquinha-soja (80:20), respectivamente, e verificaram que o aumento da TB

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

Composição (%)	Farinha de trigo	Soja integral	Soja descorticada	Farinha mista crua de trigo e soja (90:10)
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).

Tabela 2. Capacidade emulsificante (CE) das farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas de barril (TB) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾.

Identificação da farinha	CE (%) ⁽²⁾⁽³⁾ das farinhas mistas extrusadas em diferentes VRP (rpm)				D.M.S.	C.V. (%)
	120	150	180	210		
23%-100 °C	55,66 ^{dB}	57,20 ^{cB}	59,93 ^{cA}	61,11 ^{cA}	2,29	1,32
23%-110 °C	60,33 ^{cC}	63,05 ^{bB}	66,24 ^{bA}	62,50 ^{bBC}	2,29	1,32
23%-120 °C	67,86 ^{bB}	70,18 ^{aA}	69,96 ^{aAB}	68,75 ^{aAB}	2,29	1,32
23%-130 °C	72,05 ^{aA}	71,41 ^{aA}	67,33 ^{bB}	63,68 ^{bC}	2,29	1,32
D.M.S.	2,29	2,29	2,29	2,29	-	-
C.V. (%)	1,32	1,32	1,32	1,32	-	-
26%-100 °C	56,25 ^{dB}	57,73 ^{dB}	63,88 ^{bA}	65,62 ^{bA}	2,29	1,32
26%-110 °C	63,13 ^{bC}	64,98 ^{cBC}	68,75 ^{aA}	66,68 ^{bAB}	2,29	1,32
26%-120 °C	67,26 ^{aB}	68,30 ^{bB}	70,97 ^{aA}	69,22 ^{aAB}	2,29	1,32
26%-130 °C	68,00 ^{aB}	71,22 ^{aA}	66,07 ^{bBC}	65,62 ^{bC}	2,29	1,32
D.M.S.	2,29	2,29	2,29	2,29	-	-
C.V. (%)	1,32	1,32	1,32	1,32	-	-
29%-100 °C	57,14 ^{dB}	58,82 ^{dB}	64,63 ^{bA}	65,62 ^{abA}	2,29	1,32
29%-110 °C	63,25 ^{bC}	64,52 ^{cBC}	68,24 ^{aA}	66,13 ^{abAB}	2,29	1,32
29%-120 °C	65,62 ^{aB}	67,17 ^{bAB}	69,37 ^{aA}	67,70 ^{aAB}	2,29	1,32
29%-130 °C	67,33 ^{aB}	70,00 ^{aA}	65,62 ^{bBC}	64,42 ^{bC}	2,29	1,32
D.M.S.	2,29	2,29	2,29	2,29	-	-
C.V. (%)	1,32	1,32	1,32	1,32	-	-

⁽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 (D.M.S. diferença mínima significativa; C.V. coeficiente de variação); e ⁽³⁾ CE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 50,00 e 52,27%, respectivamente.

Tabela 3. Estabilidade de emulsão (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 de barril (TB) nas zonas 2 e 3 ⁽¹⁾.

Identificação da farinha	EE (%) ⁽²⁾⁽³⁾ das farinhas mistas extrusadas em diferentes VRP (rpm)				D.M.S.	C.V. (%)
	120	150	180	210		
23%-100 °C	58,97 ^c	60,00 ^d	66,67 ^{cB}	69,69 ^{aA}	1,81	1,00
23%-110 °C	60,56 ^c	64,75 ^{cB}	70,00 ^{bA}	68,75 ^{abA}	1,81	1,00
23%-120 °C	67,20 ^{bB}	68,75 ^{bB}	71,87 ^{aA}	67,87 ^{bB}	1,81	1,00
23%-130 °C	75,00 ^{aA}	70,93 ^{aB}	69,69 ^{bB}	67,64 ^{bC}	1,81	1,00
D.M.S.	1,81	1,81	1,81	1,81		
C.V.(%)	1,00	1,00	1,00	1,00		
26%-100 °C	62,50 ^c	66,67 ^{cB}	68,24 ^{cAB}	70,00 ^{abA}	1,81	1,00
26%-110 °C	66,09 ^{bC}	68,75 ^{bB}	70,55 ^{baB}	71,68 ^{aA}	1,81	1,00
26%-120 °C	67,71 ^{bC}	70,48 ^{bB}	73,76 ^{aA}	70,93 ^{abB}	1,81	1,00
26%-130 °C	69,69 ^{aC}	77,35 ^{aA}	72,41 ^{aB}	69,84 ^{bC}	1,81	1,00
D.M.S.	1,81	1,81	1,81	1,81		
C.V.(%)	1,00	1,00	1,00	1,00		
29%-100 °C	59,94 ^d	64,70 ^{dB}	66,19 ^{cAB}	67,87 ^{bA}	1,81	1,00
29%-110 °C	63,33 ^c	66,66 ^{cB}	67,85 ^{cB}	69,84 ^{aA}	1,81	1,00
29%-120 °C	66,02 ^{bC}	69,22 ^{bB}	72,41 ^{aA}	67,79 ^{bBC}	1,81	1,00
29%-130 °C	68,37 ^{aC}	73,70 ^{aA}	70,48 ^{bB}	66,67 ^{bC}	1,81	1,00
D.M.S.	1,81	1,81	1,81	1,81		
C.V.(%)	1,00	1,00	1,00	1,00		

⁽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 (D.M.S. diferença mínima significativa; C.V. coeficiente de variação); e ⁽³⁾EE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 51,35 e 53,85%, respectivamente.

resultou num aumento tanto da AE como da EE, exceto para as farinhas extrusadas nas TB mais altas (120 °C na zona 3, e 150 e 160 °C na zona 4). Por outro lado, FERNANDES et al.⁹ observaram que, o aumento da TB na zona 3 resultou numa diminuição da AE e da EE das farinhas extrusadas de canjiquinha-soja (70:30). Entretanto, o aumento da TB na zona 4 causou aumento na AE e na EE até um máximo, além do qual, observou-se diminuição.

Uma correlação positiva entre as propriedades emulsificantes (CE e EE) e o conteúdo de proteína ou nitrogênio solúvel tem sido constatada por vários autores^{4,10}. A solubilidade de proteína em água contribui para a diminuição da tensão interfacial entre os componentes hidrofóbicos e hidrofílicos, aumentando as propriedades emulsificantes⁴.

No entanto, as propriedades emulsificantes não dependem só da solubilidade de proteínas, mas também do balanço hidrofílico-lipofílico da proteína em particular¹⁵. A proteína de soja encapsula as gotículas de gordura e forma uma rede contínua de proteína-gel através da fase aquosa, desempenhando, desta forma, sua função emulsificante¹⁸.

As proteínas se adsorvem na interfase entre as gotículas de óleo dispersas e a fase aquosa contínua, desempenhando propriedades de espessamento, viscosidade, elasticidade e rigidez que determinam a resistência das gotículas à coalescência, tendo, portanto, duas funções: a) facilitar a formação de emulsão (CE), diminuindo a tensão interfacial; e b) contribuir para a estabilidade da emulsão (EE), formando uma barreira física na interfase, porém não existe uma correlação perfeita entre estas duas funções⁴.

Além da proteína, o aumento do teor de amido num sistema contendo isolado protéico de soja, amido e sal resultou numa

maior quantidade de óleo emulsificado¹⁷. Uma modificação tanto da proteína como do amido, durante o processo de extrusão, pode afetar a AE de seus produtos¹⁰.

Desta forma, acredita-se que no presente trabalho, o aumento, até certo ponto, na VRP e na TB tenha contribuído para o aumento da solubilidade de proteínas, assim como o aumento da hidrofobicidade na sua superfície, melhorando o seu balanço hidrofílico-lipofílico. Além disso, as modificações ocorridas com o amido por causa do aumento da VRP e da TB, durante o processo de extrusão, talvez tenham também favorecido as suas propriedades emulsificantes (CE e EE) até determinado ponto. Entretanto, passando deste ponto, é possível que ocorra uma desnaturação excessiva das proteínas, e também tenha início a hidrólise de proteínas e de amido, reduzindo, portanto, as suas propriedades emulsificantes.

Observa-se ainda pelas Tabelas 2 e 3 que CE e EE foram positivamente correlacionadas entre si, apresentando o coeficiente de correlação igual a 0,8127, significativo a 5% de probabilidade, mostrando que a EE aumentou com o aumento da CE. No entanto, o valor numérico do coeficiente não foi tão alto, sugerindo que os fatores determinantes para CE e EE sejam diferentes: a CE esteja mais relacionada com a solubilidade da proteína, enquanto que a EE dependa mais de estrutura da barreira física formada pela proteína na interfase.

As propriedades emulsificantes (CE e EE) são características consideradas importantes para aplicações em produtos cárneos, extensores de carne, sopas, molhos, queijos processados, maionese, cremes, produtos de chocolataria e de panificação⁴. A farinha de semolina pré-cozida por extrusão a 190 °C foi considerada adequada para o preparo do croquete de carne, pois diminuiu drasticamente o tempo de cozimento e simplificou o processo deste produto¹³.

Apesar disso, não se sabe até que ponto a CE e a EE da farinha de trigo e soja extrusada no presente trabalho, estejam contribuindo para as características sensoriais do croquete de carne preparado. Portanto, boas características sensoriais deste produto são consideradas importantes para sua aceitação.

Os croquetes de carne elaborados apresentaram melhores impressões globais com o aumento da VRP até 210 rpm para TB de 100 e 110 °C, 180 rpm para TB de 120 °C e 150 rpm para TB de 130 °C, em 26 e 29% de umidade (Tabela 4). No entanto, em 23% de umidade, nas TB de 110 e 130 °C, as melhores VRP foram 180 e 120 rpm, respectivamente. Em todos os níveis de umidades estudados, a TB de 130 °C foi a que produziu croquete de carne com os melhores sabor e textura, entretanto, não houve diferença significativa na aparência entre as diferentes TB (Tabela 5).

A melhora das impressões globais com o aumento da VRP pode ser atribuída ao maior atrito gerado entre as moléculas, resultando em maior calor, o que por consequência, favorece a gelatinização do amido e a desnaturação de proteínas, melhorando as suas características sensoriais. Por outro lado, em TB mais altas, uma VRP alta já pode causar a hidrólise do amido e de proteínas, prejudicando o sabor e a textura do produto preparado, explicando os resultados encontrados.

O croquete de carne preparado com a farinha mista com 26% de umidade e extrusada em 150 rpm a 130 °C mostrou escores de sabor e de textura superiores às demais amostras (Tabela 6). Em relação à aparência, não houve diferença significativa entre os diferentes níveis de umidade.

A umidade de 26% resultou em escores de sabor e textura melhores do que a de 23%, indicando que o aumento de umidade na farinha mista contribuiu para as melhores modificações estruturais do amido e de proteínas por ter aumentado o cozimento. Entretanto, de acordo com WANG et al.²³, um excesso de umidade (29%) pode intensificar o cozimento na extrusão, resultar numa alteração indesejável da estrutura de glúten. Sendo assim, justificam-se os resultados verificados.

Comparando-se os resultados das análises sensoriais e os de CE e EE (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6), observou-se que os croquetes de carne com as melhores características sensoriais foram os que tiveram maiores valores de EE, mas nem sempre também maiores valores de CE. Os valores altos de EE das farinhas mistas extrusadas são indicativos de melhores características sensoriais dos croquetes de carne elaborados. Conforme CHEFTEL, CUQ e LORIENT⁴, valores altos de propriedades emulsificantes, especialmente a EE, permitem agregação mais rápida de água e óleo, mantendo boa estabilidade de cremosidade. Desta forma, acredita-se que a farinha

Tabela 5. Escores da avaliação sensorial de aparência, textura e sabor para croquetes de carne, preparados com farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas, em ótimas velocidades de rotação de parafuso (OVRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas de barril (TB) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾.

Identificação do croquete de carne	OVRP (rpm)	Escore de avaliação sensorial ⁽²⁾		
		Aparência	Sabor	Textura
23%-100 °C	210	7,20 ^a	6,30 ^d	5,83 ^d
23%-110 °C	180	7,27 ^a	6,50 ^c	6,23 ^c
23%-120 °C	180	7,27 ^a	7,03 ^b	7,00 ^b
23%-130 °C	120	7,23 ^a	7,53 ^a	7,33 ^a
D.M.S.		0,20	0,16	0,11
C.V. (%)		0,69	0,60	0,44
26%-100 °C	210	7,30 ^a	6,60 ^d	6,63 ^d
26%-110 °C	210	7,33 ^a	6,87 ^c	7,00 ^c
26%-120 °C	180	7,30 ^a	7,40 ^b	7,33 ^b
26%-130 °C	150	7,30 ^a	7,67 ^a	7,70 ^a
D.M.S.		0,25	0,11	0,25
C.V. (%)		0,88	0,40	0,90
29%-100 °C	210	7,30 ^a	6,47 ^d	6,33 ^d
29%-110 °C	210	7,40 ^a	6,93 ^c	6,67 ^c
29%-120 °C	180	7,40 ^a	7,20 ^b	7,10 ^b
29%-130 °C	150	7,37 ^a	7,53 ^a	7,43 ^a
D.M.S.		0,11	0,22	0,20
C.V. (%)		0,39	0,82	0,73

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1: 50 °C (constante); e ⁽²⁾As médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; e C.V. coeficiente de variação).

Tabela 4. Escores da avaliação sensorial de impressão global dos croquetes de carne, preparados com farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas, por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidade e temperaturas de barril (TB) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾.

Identificação do croquete de carne	Impressão global ⁽²⁾ dos croquetes de carne obtidos com farinhas mistas extrusadas em diferentes VRP (rpm)				D.M.S.	C.V. (%)
	120	150	180	210		
23%-100 °C	4,47 ^d	5,77 ^c	6,23 ^b	6,43 ^a	0,01	0,01
23%-110 °C	6,17 ^c	6,60 ^b	6,87 ^a	6,67 ^b	0,19	0,76
23%-120 °C	6,70 ^b	6,90 ^{ab}	7,20 ^a	6,83 ^b	0,30	1,10
23%-130 °C	7,33 ^a	7,10 ^a	6,60 ^b	6,47 ^b	0,25	0,94
26%-100 °C	4,60 ^d	5,87 ^c	6,47 ^b	6,73 ^a	0,25	1,09
26%-110 °C	6,53 ^c	6,70 ^{bc}	6,80 ^b	7,03 ^a	0,20	0,74
26%-120 °C	6,80 ^c	6,83 ^c	7,43 ^a	7,00 ^b	0,16	0,58
26%-130 °C	6,87 ^b	7,60 ^a	6,60 ^{bc}	6,40 ^c	0,30	1,11
29%-100 °C	4,70 ^d	5,73 ^c	6,33 ^b	6,70 ^a	0,16	0,69
29%-110 °C	6,37 ^c	6,70 ^b	6,77 ^{ab}	6,93 ^a	0,23	0,86
29%-120 °C	6,70 ^b	6,77 ^b	7,40 ^a	6,87 ^b	0,20	0,72
29%-130 °C	6,77 ^b	7,50 ^a	6,40 ^c	6,30 ^c	0,11	0,43

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1: 50 °C (constante); e ⁽²⁾As médias, na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; e C.V. coeficiente de variação).

Tabela 6. Escores da avaliação sensorial de aparência, textura e sabor para croquetes de carne, preparados com farinhas de trigo e soja (90:10) extrusadas, em diferentes níveis de umidade e suas respectivas ótimas temperaturas de barril (OTB) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾ e ótimas velocidades de rotação de parafuso (OVRP).

Identificação do croquete de carne	OTB (°C)	OVRP (rpm)	Escores de avaliação sensorial ⁽²⁾		
			Aparência	Sabor	Textura
23%-130 °C	130	120	7,32 ^a	7,45 ^b	7,22 ^c
26%-130 °C	130	150	7,32 ^a	7,77 ^a	7,65 ^a
29%-130 °C	130	150	7,32 ^a	7,48 ^b	7,33 ^b
D.M.S.	-	-	0,07	0,11	0,08
C.V. (%)	-	-	0,61	0,93	0,65

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1: 50 °C (constante); e ⁽²⁾As médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; e C.V. coeficiente de variação).

mista pré-cozida com melhor EE pode resultar num croquete de carne macio por dentro e crocante por fora, explicando os resultados encontrados.

Quanto à aparência dos croquetes de carne estudados, não houve melhora com o aumento de TB e de umidade (Tabela 5 e 6), pois a própria carne moída usada para o preparo do produto apresentou sua cor característica escura após a fritura, impossibilitando a avaliação da cor da farinha adicionada.

O croquete de carne preparado com a farinha mista com 26% de umidade e extrusada em 150 rpm a 130 °C foi o preferido (Tabela 7), ao ser comparado com aqueles da farinha de trigo crua e da farinha mista crua de trigo e soja na mesma proporção. Os últimos dois apresentaram os escores inferiores, tendo sabor e textura semicrus. Este fato mostrou que o processo de extrusão foi bastante eficiente, pois melhorou as características sensoriais do croquete de carne, provavelmente por causa das modificações estruturais de amido e proteínas, contribuindo, especialmente, para a melhora do sabor e da textura.

4 Conclusões

- O aumento da velocidade de rotação de parafuso (VRP) e temperatura de barril (TB) causou aumento na capacidade emulsificante (CE) e na estabilidade de emulsão (EE) das farinhas extrusadas de trigo e soja até certo ponto, que, ao ser ultrapassado, causou a diminuição da CE e EE;
- O tratamento que mostrou a maior CE, nem sempre apresentou a maior EE, embora tenha havido correlação

Tabela 7. Preferência pelos croquetes de carne, preparados com a farinha de trigo crua (controle), com a farinha mista crua de trigo e soja (90:10, controle), e com a farinha mista de trigo e soja (90:10) pré-cozida por extrusão com ótima umidade (26%), ótima temperatura de barril (130 °C) nas zonas 2 e 3⁽¹⁾ e ótima velocidade de rotação de parafuso (150 rpm).

Identificação do croquete de carne	Preferência ⁽²⁾
Farinha de trigo crua	5,72 ^c
Farinha mista crua	6,14 ^b
26%-130 °C-150 rpm	8,10 ^a
D.M.S.	0,16
C.V. (%)	7,84

⁽¹⁾Temperatura do extrusor na zona 1: 50 °C (constante); e ⁽²⁾As médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; e C.V. coeficiente de variação).

entre esses índices. O maior valor de EE é o indicativo das melhores características sensoriais do croquete de carne elaborado; e

- O croquete de carne preparado com a farinha de trigo e soja (90:10), pré-cozida por extrusão com 26% de umidade, 150 rpm de VRP e 130 °C de TB mostrou as melhores características de sabor e textura, sendo o preferido pela equipe massal de provadores, em comparação com aqueles da farinha de trigo crua e da farinha mista crua de trigo e soja na mesma proporção.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de bolsa de PQ à primeira autora, e bolsas de PIBIC à segunda e à terceira autoras.

Referências bibliográficas

1. AMERICAN ASSOCIATION CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9th ed. St. Paul: AACC, 1995. 2v.
2. BHATTACHARYA, S.; CHOUDHURY, G. S. Twin-screw extrusion of rice flour; effect of extruder length-to-diameter ratio and barrel temperature on extrusion parameters and products characteristics. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 18, n. 5, p. 389-406, 1994.
3. 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. 1137-1143, 1994.
4. CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1989. 346 p.
5. CHEN, J.; SERAFIN, F. L.; PANDYA, R. N.; DAUN, H. Effects of extrusion conditions on sensory properties of corn meal extrudates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 84-89, 1991.
6. COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1957. 611 p.
7. DENCH, J. E.; RIVAS, R. N.; CAYGILL, J. C. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 32, n. 6, p. 557-564, 1981.
8. FERNANDES, M. S. et al. Produtos extrusados expandidos de misturas de canjiquinha e soja para uso como petiscos. **Pesquisa**

- Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1495-1501, 2002.
9. _____. Harina de grits de maíz-soya (70:30) precocida por extrusión para uso como sopa cremosa semi instantanea. **Alimentaria**, Madrid, v. 40, n. 346, p. 89-96, 2003.
 10. GUJSKA, E.; KHAN, K. Functional properties of extrudates from high starch fractions of navy and pinto beans and corn meal blended with legume high protein fractions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, p. 431-435, 1991.
 11. HORVÁTH, E. et al. 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.
 12. 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.
 13. KIM, J. C.; ROTTIER, W. Modification of Aestivum wheat semolina by extrusion. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 24, n. 1, p. 62-65, 1980.
 14. 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.
 15. NAKAI, S. Structure; function relationships of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 31, n. 4, p. 676-683, 1983.
 16. PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1991. 468 p.
 17. STONE, M. B.; CAMPBELL, A. M. Emulsification in systems containing soy protein isolates, salt and starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 1713-1716, 1980.
 18. VISSER, A.; THOMAS, A. Review; soya protein products; their processing, functionality, and application aspects. **Food Reviews International**, New York, v. 3, n. 1-2, p. 1-32, 1987.
 19. WANG, S. H. et al. Posibilidad de uso de harinas de arroz-soya (70:30) extruidas en la formulación de sopa-cremosa; características tecnológicas y sensoriales. **Alimentaria**, Madrid, v. 38, n. 324, p. 91-97, 2001.
 20. WANG, S. H. et al. Características tecnológicas y sensoriales de harinas de arroz-soya (70:30) extruidas para uso como papilla instantánea. **Alimentaria**, Madrid, v. 38, n. 324, p. 77-84, 2001.
 21. 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.
 22. WANG, S. H. et al. Harina extruida de grits de maíz-soya (80:20) para formulación de crema de espinaca. **Alimentaria**, Madrid, v. 39, n. 336, p. 101-106, 2002.
 23. WANG, S. H. et al. 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.
 24. ZHU, S.; RIAZ, M. N.; LUSAS, E. W. Effect of different extrusion temperatures and moisture content on lipoxigenase inactivation and protein solubility in soybeans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 10, p. 3315-3318, 1996.