

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio

Nutritional, technological and sensory attributes of rye pasta

Autores | Authors

✉ **Tiago André KAMINSKI**

Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM)
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia dos Alimentos
Av. Roraima, 1000, Prédio 42, Sala 3135A
Bairro Camobi
CEP: 91119-900
Santa Maria/RS - Brasil
e-mail: tiagoandrekaminski@hotmail.com

Leila Picolli da SILVA

Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM)
Centro de Ciências Rurais
Departamento de Zootecnia
e-mail: leilasilva@yahoo.com

Alfredo do NASCIMENTO JÚNIOR

Embrapa Trigo – Passo Fundo-RS
Melhoramento Genético de Culturas de
Inverno
e-mail: alfredo@cnpt.embrapa.br

Tassiane dos Santos FERRÃO

Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM)
Centro de Ciências Rurais
Departamento de Tecnologia e Ciência dos
Alimentos
e-mail: tassianeferrao@hotmail.com

■ Resumo

O trabalho foi desenvolvido com o propósito de elaborar formulações de macarrões a partir da inclusão de farinha integral de centeio, observando o valor nutricional agregado, as propriedades tecnológicas e a aceitabilidade do consumidor. Foram elaboradas cinco formulações: padrão e substituição de 10, 25, 50 e 75% da farinha de trigo pela farinha integral de centeio. O incremento de centeio elevou os teores de minerais, proteínas, lipídios e fibras alimentares, principalmente de fibra alimentar solúvel. Os valores de *Falling Number* demonstraram elevada atividade enzimática, enquanto que, na avaliação dos atributos de cor, observou-se redução da luminosidade e aumento nos atributos que remetem ao vermelho e ao amarelo para maiores proporções de centeio. As propriedades alveográficas demonstraram aumento na tenacidade, redução na extensibilidade e menor força necessária para danificar as massas com maior proporção de centeio. As propriedades de mistura, avaliadas por farinografia, demonstraram aumento na absorção de água, maior resistência à mistura, menor estabilidade e menor tempo de saída em maiores proporções de centeio. O tempo de cozimento dos macarrões foi reduzido com a inclusão da farinha de centeio, refletindo em menor ganho de peso, mas com maior volume nos macarrões cozidos. A análise sensorial demonstrou que a formulação de macarrão com 25% de centeio não apresentou diferença estatística significativa em relação ao padrão para os atributos sensoriais avaliados. Já a formulação com 75% de centeio foi a menos aceita. Considerando-se apenas os atributos tecnológicos, a formulação com 10% de centeio apresentou-se mais próxima ao padrão, mas se consideradas a funcionalidade dos nutrientes agregados, a possibilidade de ajustes à tecnologia de produção e a aceitação dos consumidores, a formulação com 25% de centeio mostrou-se mais promissora.

Palavras-chave: *Centeio; Farinha; Macarrão; Fibra alimentar; Pentosanas; Análise sensorial.*

■ Summary

This study aimed to develop pasta formulations with the inclusion of wholemeal rye flour, observing the aggregations to the nutritional value, the technological properties and consumer acceptability. Five formulations were prepared: the standard one and others with 10, 25, 50 and 75% of the wheat flour substituted by wholemeal rye flour. Greater proportions of rye resulted in increased contents of minerals, proteins, lipids and dietary fibre, particularly soluble dietary fibre. The Falling Number values showed high enzyme activity, whereas the evaluation of the colour attributes showed reductions in brightness and increases in the attributes tending to red and yellow for the higher proportions of rye. The alveographic properties showed increases in tenacity, reductions in extensibility and less force required to damage the doughs with higher proportions of rye. The mixing properties as assessed by farinography, showed an increase in water absorption, greater resistance to mixing, lower stability and reduced output time for higher proportions of rye. The pasta cooking time was reduced by the inclusion of rye flour, reflected in a smaller weight gain, but with greater volume of the cooked pastas. The sensory analysis showed that the pasta formulation with 25% rye had no statistically significant difference as compared to the standard one for the sensory attributes evaluated. However, the formulation with 75% rye was the least accepted. Considering only the technological attributes, the formulation with 10% rye was more similar to the standard, but considering the functionality of the aggregated nutrients, the possibility of adjustments to the production technology and consumer acceptance, the formulation with 25% rye was more promising.

Key words: *Rye; Flour; Pasta; Dietary fibre; Pentosans; Sensory analysis.*

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 20/09/2010
Aprovado | Approved: 14/03/2011

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio

KAMINSKI, T. A. et al.

1 Introdução

O centeio (*Secale cereale* L.) é o segundo cereal mundialmente mais utilizado para panificação, perdendo apenas para o trigo (BUSHUK, 1976). No Brasil, este cereal foi introduzido por imigrantes alemães e poloneses no início do século passado e, atualmente, ocupa 4,5 mil ha que, se somados às estimativas extraoficiais, contabiliza 8 mil ha (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2006).

Rakowska (1996) descreve o centeio como uma cultura que requer poucos tratamentos químicos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas), o que a torna mais ecologicamente correta que outros cereais e com grandes possibilidades de uso na alimentação humana e animal. Além disso, a cultura do centeio é bastante resistente à estiagem, ao frio, e se desenvolve bem em solos de baixa fertilidade. Com estas características, torna-se uma cultura de baixo risco, econômica e de possibilidades para regiões com solos de baixa fertilidade e condições climáticas não favoráveis às demais culturas de cereais.

A farinha obtida pela moagem dos grãos de centeio se diferencia por possuir altos teores de fibra alimentar, em especial de fibra alimentar solúvel, composta principalmente de pentosanas. A qualidade nutricional das pentosanas está principalmente relacionada aos seus efeitos fisiológicos, tais como: diminuição na absorção de triglicerídios; diminuição nos níveis de colesterol do sangue; redução na glicemia; prevenção de constipação, e efeito prebiótico, entre outros já discutidos e comprovados cientificamente, que permitem a classificação dos produtos de centeio como alimentos funcionais (BUSHUK, 1976; BOROS, 2001; AMAN, 2006). Mesmo com seu uso ainda bastante restrito no mercado nacional de gêneros alimentícios, os diversos estudos que comprovam a relação entre alimentação e saúde remetem a uma perspectiva de aumento no consumo de pães e outros produtos de panificação de centeio em um futuro próximo (BOROS, 2001).

Ao mesmo tempo em que se discute a relação entre alimentação e saúde, deve-se considerar que a diversidade e o aumento da oferta de alimentos industrializados têm influenciado os padrões alimentares da população nas últimas décadas, especialmente pela redução de consumo daqueles *in natura* (INSTITUTO AC NIELSEN, 1997; KINSEY, 1994; SERRA MAJEM et al., 1995). O consumo inadequado, em excesso e muito frequente, pode comprometer a saúde, visto que muitos alimentos industrializados são ricos em gorduras e carboidratos refinados, apresentando elevado valor energético, acompanhados por deficiência em micronutrientes, tais como minerais e vitaminas. Por outro lado, o incremento da industrialização pode ter um impacto positivo para a alimentação no que se refere ao

acesso a alimentos modificados, fontes alimentares e/ou enriquecidos com nutrientes (NESTAL, 1993; FAO, 1992).

Uma possibilidade de incrementar e diferenciar um produto industrializado está nas massas alimentícias. De acordo com Oliveira et al. (2004), o consumo de massas alimentícias vem se expandindo no Brasil. Incluindo os diferentes tipos de macarrões existentes no mercado, este produto geralmente está presente no cardápio de refeições familiares, de restaurantes, instituições e também no cardápio de creches e escolas. As principais razões para o crescimento da demanda e consequente maior produção industrial são o custo relativamente baixo e a facilidade de preparo do produto.

Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com o propósito de elaborar formulações de macarrões a partir da inclusão de farinha integral de centeio, observando o valor nutricional agregado, algumas propriedades tecnológicas e a aceitabilidade do consumidor em relação a esses produtos.

2 Material e métodos

2.1 Matérias-primas e elaboração dos macarrões

As matérias-primas utilizadas foram: farinha de trigo tipo 1 sem aditivos (cedida pelo Moinho Santa Maria), farinha integral de centeio obtida através da moagem dos grãos da cultivar de centeio BR1 e ovo em pó da marca Pantec.

Os grãos de centeio foram moídos em micromoinho da marca Marconi, modelo MA-630. A fração moída foi peneirada em peneira de *mesh* 50 e abertura de 300 µm para obtenção da farinha integral utilizada nas análises e na elaboração dos macarrões.

Em máquina extrusora da marca G. Paniz modelo MF05, foram produzidas cinco formulações de macarrão tipo espaguete com 2 mm de diâmetro, seguindo as etapas de: mistura dos ingredientes; hidratação e homogeneização; amassamento e moldagem; seccionamento, e secagem em estufa com circulação de ar a 50 °C até umidade de 15%. As formulações que originaram os tratamentos foram: padrão (90% farinha de trigo + 10% ovo em pó) e substituição de 10, 25, 50 e 75% da farinha de trigo pela farinha integral de centeio.

2.2 Determinação da composição centesimal

Nas matérias-primas e produtos acabados, foram determinados os teores de umidade, cinzas, proteína bruta, lipídios e fibra alimentar de acordo com métodos analíticos propostos pela AOAC (HOROWITZ, 2000). O teor de carboidratos das amostras foi estimado a partir da diferença de 100 menos os parâmetros analisados, citados anteriormente.

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio

KAMINSKI, T. A. et al.

2.3 Determinação da composição mineral

Nas matérias-primas e produtos acabados, foram avaliados macro (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e microminerais (cobre, zinco, ferro, manganês e sódio) de maior relevância, conforme métodos descritos por Tedesco et al. (1995).

2.4 Atividade enzimática e atributos de cor

A atividade enzimática das farinhas foi determinada através de sistema *Falling Number*, método 56-81B da AACC (2000).

Com um colorímetro Konica Minolta CR-300 b e de acordo com o método 14-22 da AACC (2000), foram avaliados três atributos de cor nas farinhas: a*, b* e L*. A coordenada de cromaticidade a* indicando a tendência da cor da região do vermelho (+a*) ao verde (-a*), a coordenada de cromaticidade b* indicando a tendência de cor da tonalidade amarela (+b*) ao azul (-b*) e L* indicando a luminosidade do branco (L* = 100) ao preto (L* = 0).

2.5 Avaliação das propriedades reológicas

Os parâmetros de extensão da massa foram determinados através do alveógrafo Chopin e de acordo com o método 54-30A da AACC (2000). Os parâmetros registrados nas curvas alveográficas foram: tenacidade (P), que corresponde à pressão máxima necessária para expandir a massa; extensibilidade (L), correspondente à capacidade de extensão da massa; relação tenacidade/extensibilidade (P/L), que expressa o equilíbrio da massa e a configuração da curva (P/L), e força de glúten (W), que representa a energia para deformação da massa e indica a qualidade panificativa (força) da farinha.

As propriedades de mistura e processamento das massas foram determinadas em farinógrafo Brabender, pelo sistema farinha-água e conforme método 54-21 da AACC (2000). Os parâmetros registrados para

interpretação foram: absorção de água (ABS); tempo de chegada (TC); tempo de desenvolvimento da massa (TDM); estabilidade (EST); tempo de saída (TS), e índice de tolerância à mistura (ITM).

2.6 Testes de cozimento

Os parâmetros tempo de cozimento, aumento de peso, aumento de volume e perda de sólidos (resíduos na água de cocção) foram determinados para os macarrões de acordo com o método 66-50 da AACC (2000).

2.7 Análise sensorial

Os macarrões ainda frescos foram cozidos em água e submetidos a um painel de 30 provadores, de ambos os gêneros e com idade entre 19 e 51 anos. Foram oferecidos três tipos de macarrões aos provadores, um por vez e de maneira aleatória, para que fossem avaliados quanto aos atributos de cor, odor, sabor e textura, a partir de uma escala hedônica de nove pontos. Separadamente, também foi disponibilizado molho de tomate e água mineral para os provadores.

2.8 Análise estatística

Utilizou-se o programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) 8.0 para Windows, cujas médias foram submetidas ao teste de Tukey em nível de 5% de significância.

3 Resultados e discussão

3.1 Composição centesimal e mineral

A composição centesimal dos macarrões (Tabela 1) demonstra que a inclusão da farinha integral de centeio nas formulações causa acréscimos nos teores de cinzas, proteínas, lipídios e fibra alimentar, enquanto que os teores de carboidratos disponíveis, basicamente amido, são reduzidos.

Tabela 1. Composição centesimal dos ingredientes e das formulações dos macarrões.

Amostras	g/100 g (base seca)						
	Cinzas*	PB*	Lipídios*	FAT*	FAI*	FAS*	CHO*
Ovo em pó	5,12	49,54	39,20	0,99	-	-	5,15
Farinha trigo	0,85	11,22	1,38	1,03	0,88	0,15	85,52
Farinha centeio	2,13	14,66	2,60	20,73	16,68	4,05	59,88
Padrão	0,78 ± 0,11 ^e	14,33 ± 0,20 ^e	5,60 ± 0,25 ^d	1,01 ± 0,20 ^e	0,47 ± 0,12 ^e	0,54 ± 0,08 ^e	78,28 ± 0,21 ^a
10% centeio	1,07 ± 0,08 ^d	14,94 ± 0,08 ^d	5,84 ± 0,11 ^d	3,45 ± 0,55 ^d	2,55 ± 0,30 ^d	0,90 ± 0,10 ^d	74,70 ± 0,42 ^b
25% centeio	1,30 ± 0,11 ^c	15,45 ± 0,18 ^c	6,23 ± 0,06 ^c	6,67 ± 0,33 ^c	4,91 ± 0,09 ^c	1,76 ± 0,14 ^c	70,35 ± 0,31 ^c
50% centeio	1,61 ± 0,05 ^b	16,73 ± 0,22 ^b	6,51 ± 0,10 ^b	10,16 ± 0,89 ^b	7,35 ± 0,22 ^b	2,81 ± 0,23 ^b	64,99 ± 0,45 ^d
75% centeio	1,86 ± 0,09 ^a	17,87 ± 0,14 ^a	6,90 ± 0,13 ^a	13,94 ± 0,64 ^a	10,46 ± 0,32 ^a	3,48 ± 0,31 ^a	59,43 ± 0,63 ^e

*PB (proteína bruta); FAT (fibra alimentar total); FAI (fibra alimentar insolúvel); FAS (fibra alimentar solúvel); CHO (carboidratos, calculados por diferença); e valores expressos como média ± desvio padrão de três repetições; letras distintas entre as médias indicam diferença estatística significativa no nível de 5% pelo teste de Tukey.

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio

KAMINSKI, T. A. et al.

A composição centesimal da farinha integral de centeio está de acordo com valores descritos por Bushuk (1976) para variedades europeias e norte-americanas, enquanto que os teores de fibra alimentar encontrados são muito semelhantes aos descritos no trabalho de Picolli e Ciocca (1997), que avaliaram a mesma variedade de centeio utilizada neste estudo.

Dos nutrientes agregados aos macarrões pela farinha integral de centeio, a fração solúvel de fibra alimentar merece destaque. Alguns estudos têm demonstrado que o centeio apresenta teores de fibra solúvel, com predominância de hemiceluloses do tipo pentosanas, superiores a outros cereais rotineiramente utilizados em formulações alimentares, tais como triticale, trigo, aveia, milho, cevada e sorgo (BUSHUK, 1976; PICOLLI e CIOCCA, 1997).

As pentosanas são responsáveis por uma série de efeitos fisiológicos benéficos, como a diminuição da absorção de gorduras, a redução do colesterol e da glicose no sangue, o aumento da fermentação microbiana no cólon (efeito prebiótico) e a redução da constipação (AMAN, 2006; LEINONEN et al., 2000; RAKOWSKA, 1996).

Observando-se a Portaria nº 27 da ANVISA (BRASIL, 1998) e considerando-se cerca de 10% de umidade que os macarrões convencionalmente apresentam para comercialização, com a substituição de 10% da farinha de trigo refinada pela farinha integral de centeio, o produto obtido pode ser classificado como “fonte de fibras”, enquanto que a substituição a partir de 25% permite classificar as formulações como sendo de “alto teor de fibras”.

Assim como para a composição centesimal, os resultados dos minerais avaliados nos ingredientes e formulações (Tabela 2) demonstram que a inclusão de farinha integral de centeio nas formulações incrementa os teores de minerais importantes ao bom funcionamento metabólico.

Entre os minerais avaliados, foram exceção os teores de sódio, cujo incremento esteve relacionado ao ingrediente ovo em pó e foi o único mineral que não apresentou diferença estatística entre as formulações.

É sabido que durante o processo de refinamento são retiradas as camadas externas dos grãos, as quais são ricas em componentes minerais (FENNEMA, 2000). Desta maneira, o fato de a farinha integral de centeio não sofrer processo de refinamento explica os valores mais elevados de minerais nos produtos com maior proporção desta matéria-prima.

3.2 Atividade enzimática e atributos de cor

Os resultados descritos na Tabela 3 demonstram que a redução no valor de *Falling Number* fica evidente à medida que aumenta a proporção de farinha de centeio nas misturas que compõem as formulações de macarrões.

Um dos maiores desafios da cultura do centeio é impedir a germinação precoce, sendo que um dos indicadores deste processo é a análise de *Falling Number* (PRESTERL et al., 1996). O centeio caracteriza-se por valores de *Falling Number* menores do que aqueles do trigo, devido à maior concentração da enzima α -amilase; tal fato pode ser interpretado como prejudicial no processamento de diversos tipos de massas alimentícias (BUSHUK, 1976).

Tabela 2. Composição mineral dos ingredientes e das formulações dos macarrões.

Amostras	mg/100 g (base seca)								
	Macrominerais				Microminerais				
	K*	Mg*	Ca*	P*	Fe*	Zn*	Mn*	Cu*	Na*
Ovo em pó	493,11	42,31	231,03	831,34	6,79	5,80	0,13	0,20	523,02
Farinha trigo	15,69	0,26	0,13	115,58	5,69	32,19	42,66	0,00	4,14
Farinha centeio	30,21	1,61	0,34	389,22	501,35	251,93	315,80	26,48	3,14
Padrão	17,48 ± 0,42 ^e	0,32 ± 0,05 ^e	0,42 ± 0,04 ^b	143,14 ± 13,76 ^d	132,27 ± 10,55 ^d	119,68 ± 8,12 ^d	33,96 ± 6,88 ^e	8,32 ± 2,45 ^e	29,76 ± 5,44 ^a
10% centeio	19,78 ± 0,30 ^d	0,48 ± 0,07 ^d	0,42 ± 0,04 ^b	184,44 ± 9,53 ^c	211,38 ± 6,98 ^c	142,52 ± 10,66 ^c	58,21 ± 8,95 ^d	12,98 ± 1,67 ^d	27,45 ± 6,32 ^a
25% centeio	22,00 ± 0,52 ^c	0,64 ± 0,11 ^c	0,43 ± 0,05 ^b	188,80 ± 10,75 ^c	212,71 ± 8,22 ^c	142,99 ± 9,21 ^c	108,74 ± 9,03 ^c	17,27 ± 2,08 ^c	30,41 ± 4,88 ^a
50% centeio	25,85 ± 0,19 ^b	0,99 ± 0,08 ^b	0,48 ± 0,06 ^b	257,55 ± 12,56 ^b	272,38 ± 8,32 ^b	193,36 ± 7,64 ^b	156,35 ± 13,11 ^b	33,74 ± 5,68 ^b	30,31 ± 4,75 ^a
75% centeio	28,33 ± 0,26 ^a	1,31 ± 0,10 ^a	0,59 ± 0,05 ^a	349,87 ± 21,04 ^a	310,37 ± 22,45 ^a	246,17 ± 14,77 ^a	228,17 ± 11,34 ^a	44,63 ± 3,85 ^a	30,34 ± 5,21 ^a

*K (Potássio); Mg (Magnésio); Ca (Cálcio); P (Fósforo); Fé (Ferro); Zn (Zinco); Mn (Manganês); Cu (Cobre); Na (Sódio), e valores expressos como média ± desvio padrão de três repetições; letras distintas entre as médias indicam diferença estatística significativa no nível de 5% pelo teste de Tukey.

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio

KAMINSKI, T. A. *et al.*

Os valores encontrados para os atributos de cor, também descritos na Tabela 3, demonstram que o incremento na proporção de farinha integral de centeio reduz significativamente a luminosidade e aumenta os valores de a^* e b^* .

A redução na luminosidade está relacionada à redução do teor de amido e à coloração mais escura da farinha integral de centeio. Os incrementos nos atributos a^* e b^* indicam a tendência ao vermelho e ao amarelo, respectivamente, provavelmente devido à maior concentração de fibras alimentares, pigmentos, ligninas e outros compostos, e componentes estruturais de coloração diferenciada presentes nas camadas mais externas dos grãos de centeio e, conseqüentemente, na farinha integral deste cereal.

3.3 Parâmetros alveográficos e farinográficos

Os resultados descritos na Tabela 4 demonstram que o incremento de farinha de centeio provoca aumento na tenacidade da massa (parâmetro P), redução na extensibilidade (parâmetro L) e redução na força, ou seja, menor energia necessária para deformar a massa (parâmetro W). O maior valor da relação P/L para as misturas com maiores proporções de farinha de centeio é indicativo de uma farinha mais tenaz em relação à sua extensibilidade, enquanto que a farinha de trigo mostra-se mais equilibrada nesta relação.

Miranda *et al.* (2009) descrevem que, para elaboração de pães, o ideal são farinhas balanceadas (P/L entre 0,50-1,20); para bolos e biscoitos, farinhas extensíveis (P/L < 0,49); e, para massas alimentícias, farinhas mais tenazes (P/L > 1,21).

Visto que os parâmetros de extensibilidade e força são mais importantes na panificação, pois predizem a capacidade de extensão da massa sem se romper, o acréscimo da farinha integral de centeio aparentemente melhora as características da farinha de trigo para a aplicação em macarrões, pois aumenta a tenacidade da mistura; porém, também se deve considerar que o incremento de centeio reduziu a força da massa e esta apresenta menor resistência à deformação (parâmetro W). Desta forma, é provável que o aumento na tenacidade seja reflexo do teor de fibras, não significando propriamente melhor qualidade.

Em proporções acima de 50% de centeio, não foi possível obter parâmetros alveográficos, pois a massa formada apresentou-se excessivamente tenaz e pegajosa, não permitindo o boleamento e a moldagem.

Os resultados da Tabela 5 demonstram que o incremento da farinha de centeio também altera os parâmetros avaliados em farinografia. A farinha de centeio promove maior absorção de água e a incorporação desta requer maior tempo. Observa-se também uma redução na estabilidade e no tempo de saída, enquanto que o tempo de desenvolvimento da massa não variou significativamente para as diferentes misturas.

A maior absorção de água, observada com o incremento de centeio, deve-se, principalmente, ao conteúdo de fibras, as quais requerem maior quantidade de água para desenvolvimento da massa. Este fato reflete no aumento do tempo de chegada (tempo necessário para a massa alcançar a linha das 500 unidades farinográficas), que sugere maior tempo necessário para que a água seja incorporada, embora o tempo de formação da massa não tenha variado significativamente.

Tabela 3. Atividade enzimática e atributos de cor das farinhas.

FT/FC ¹	Falling number ² (segundos)	Atributos de cor ²		
		L*	a*	b*
100/0	359 ± 3,21 ^a	92,85 ± 0,03 ^a	0,21 ± 0,02 ^f	8,79 ± 0,02 ^d
90/10	323 ± 2,00 ^b	91,18 ± 0,04 ^b	0,44 ± 0,01 ^e	8,74 ± 0,03 ^d
75/25	303 ± 2,08 ^c	89,03 ± 0,06 ^c	0,84 ± 0,01 ^d	8,78 ± 0,02 ^d
50/50	259 ± 1,00 ^d	86,71 ± 0,14 ^d	1,32 ± 0,01 ^c	9,03 ± 0,08 ^c
25/75	248 ± 1,53 ^e	84,86 ± 0,09 ^e	1,67 ± 0,01 ^b	9,17 ± 0,04 ^b
0/100	239 ± 2,52 ^f	82,01 ± 0,35 ^f	2,27 ± 0,04 ^a	9,92 ± 0,08 ^a

¹FT/FC: proporção de farinha de trigo/farinha integral de centeio; e ²valores expressos como média ± desvio padrão de três repetições; letras distintas entre as médias indicam diferença estatística significativa no nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Parâmetros alveográficos das farinhas.

FT/FC*	P (mm)**	L (mm)**	P/L**	W (10 ⁻⁴ J)**
100/0	69,95 ± 0,08 ^b	101,46 ± 0,57 ^a	0,69 ± 0,01 ^c	201,04 ± 0,52 ^a
90/10	69,36 ± 0,15 ^b	61,59 ± 0,77 ^b	1,12 ± 0,01 ^b	128,11 ± 0,39 ^b
75/25	90,47 ± 0,41 ^a	25,15 ± 0,16 ^c	3,58 ± 0,02 ^a	89,02 ± 0,38 ^c

*FT/FC: proporção de farinha de trigo/farinha integral de centeio; e **P (tenacidade), L (extensibilidade), P/L (relação tenacidade/extensibilidade) e W (força de glúten/energia para deformação da massa). Valores expressos como média ± desvio padrão de três repetições; letras distintas entre as médias indicam diferença estatística significativa no nível de 5% pelo teste de Tukey.

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio

KAMINSKI, T. A. *et al.*

A menor estabilidade e o tempo de saída condizem com os resultados verificados nos parâmetros alveográficos, pois remetem à redução na força e na tolerância ao amassamento ou à ação mecânica das massas com maiores proporções de centeio.

O aumento no índice de tolerância à mistura deve-se aos constituintes da farinha integral de centeio, tais como lipídios, proteínas e, principalmente, fibras, que enfraquecem a rede de glúten.

Borges *et al.* (2006), em estudos sobre a utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos, encontraram relação semelhante entre os teores de fibra alimentar e os parâmetros farinográficos.

Algumas características específicas diferem o centeio do trigo. Nenhum outro cereal apresenta proteínas com capacidade para formação de massa como o trigo; o centeio e o triticale se aproximam destas características, mas além de possuírem menos proteínas formadoras de glúten, o alto teor de fibras solúveis prejudica a formação desta rede proteica (BUSHUK, 1976). As pentosanas do centeio fazem com que a massa formada apresente alta capacidade de absorção de água e de adesividade (pegajosidade), mesmo com as propriedades elásticas e de retenção de gás prejudicadas (McLEOD *et al.*, 1996; TEDRUS *et al.*, 2001).

3.4 Propriedades de cozimento

Observando-se os resultados da Tabela 6, verifica-se que quanto maior a proporção de centeio, menores são o tempo de cocção e o aumento de peso, enquanto que maiores são a perda de sólidos solúveis na

água de cocção e o aumento de volume nos macarrões cozidos.

A redução no tempo de cozimento dos macarrões com maiores proporções de farinha integral de centeio é justificada pela menor temperatura requerida para a gelatinização do amido de centeio em relação ao de trigo. O centeio apresenta grânulos de amido maiores que do trigo, que gelatinizam em menores temperaturas, também favorecidos pela elevada ação enzimática, particularmente da α -amilase (BRÜMMER, 2001; BUSHUK, 1976; McLEOD *et al.*, 1996).

Observa-se que a perda de sólidos dos macarrões aumenta para os produtos que incluem farinha integral de centeio na formulação. Mesmo não diferindo estatisticamente, estes resultados são justificados pela natureza da farinha utilizada na substituição da farinha de trigo, com maior granulometria e partes fibrosas provenientes das camadas mais externas dos grãos de centeio. Conforme Ormenese e Chang (2003), macarrões de ótima qualidade não devem apresentar perda de sólidos superior a 6%, de média qualidade entre 6 e 8%, e com mais de 10%, são considerados de baixa qualidade. Casagrandi *et al.* (1999) relataram perda de 9,25% de sólidos solúveis em testes de macarrão padrão com uso de emulsificante.

O menor ganho de peso dos macarrões com maior proporção de farinha integral de centeio após cozimento está relacionado ao menor tempo de preparo, que não é suficiente para a absorção da quantidade de água que as fibras dos produtos são capazes de absorver. Mesmo não agregando peso aos produtos cozidos e prontos para o consumo, pôde ser constatado maior aumento

Tabela 5. Parâmetros farinográficos das farinhas.

FT/FC*	ABS (%)**	TC (min)**	TDM (min)**	EST (min)**	TS (min)**	ITM**
100/0	59,33 ± 0,58 ^d	1,27 ± 0,06 ^c	4,17 ± 0,29 ^a	5,63 ± 0,35 ^a	7,07 ± 0,25 ^a	103,33 ± 5,77 ^d
90/10	60,17 ± 0,29 ^d	1,43 ± 0,12 ^c	4,33 ± 0,29 ^a	5,07 ± 0,15 ^a	6,37 ± 0,15 ^b	123,33 ± 5,77 ^c
75/25	61,67 ± 0,29 ^c	2,70 ± 0,26 ^b	4,33 ± 0,29 ^a	2,73 ± 0,25 ^b	5,47 ± 0,15 ^c	153,33 ± 5,77 ^b
50/50	64,83 ± 0,29 ^b	2,77 ± 0,25 ^b	4,00 ± 0,50 ^a	2,17 ± 0,15 ^b	4,53 ± 0,25 ^d	156,67 ± 5,77 ^b
25/75	69,33 ± 0,58 ^a	3,37 ± 0,12 ^a	4,17 ± 0,29 ^a	1,27 ± 0,21 ^c	4,47 ± 0,06 ^d	176,67 ± 5,77 ^a

*FT/FC: proporção de farinha de trigo/farinha integral de centeio; **ABS (absorção de água a 500 UF); TC (tempo de chegada); TDM (tempo de desenvolvimento da massa); EST (estabilidade); TS (tempo de saída); ITM (índice de tolerância à mistura). Valores médios de duas repetições. Valores expressos como média ± desvio padrão de três repetições; letras distintas entre as médias indicam diferença estatística significativa no nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Propriedades de cozimento dos macarrões.

Macarrões	Tempo de cozimento (min)*	Perda de sólidos (%)*	Aumento de peso (%)*	Aumento de volume (%)*
Padrão	8,67 ± 0,58 ^a	8,62 ± 0,45 ^a	100,31 ± 0,10 ^a	100,39 ± 0,63 ^d
10% centeio	8,00 ± 1,00 ^b	9,01 ± 0,83 ^a	91,66 ± 0,30 ^b	102,07 ± 0,22 ^c
25% centeio	7,00 ± 0,00 ^c	9,52 ± 0,18 ^a	80,63 ± 0,10 ^c	102,43 ± 0,64 ^c
50% centeio	6,33 ± 0,58 ^d	9,29 ± 0,08 ^a	75,80 ± 0,22 ^d	105,80 ± 0,30 ^b
75% centeio	6,00 ± 0,00 ^d	9,71 ± 0,24 ^a	75,22 ± 0,11 ^e	112,65 ± 0,30 ^a

*Valores expressos como média ± desvio padrão de três repetições; letras distintas entre as médias indicam diferença estatística significativa no nível de 5% pelo teste de Tukey.

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio

KAMINSKI, T. A. *et al.*

de volume nos macarrões com maior teor de fibras, que apresentam maior rendimento devido às propriedades de aumento em volume características de fibras solúveis, tais como as pentosanas.

3.5 Análise sensorial

Os resultados expostos na Tabela 7 demonstram as notas atribuídas pelos provadores para os macarrões testados.

A formulação de macarrão com 25% de centeio não apresentou diferença estatística significativa em relação ao padrão para os atributos sensoriais avaliados.

Já a formulação com 75% de centeio foi a menos aceita, diferindo estatisticamente das demais. Esta formulação apresentou aparência muito distinta à formulação padrão, com cor, odor, sabor e textura característicos de produtos integrais.

Tabela 7. Avaliação sensorial das formulações de macarrões.

Atributos	Macarrões		
	Padrão	25% centeio	75% centeio
Cor*	7,88 ± 1,03 ^a	6,88 ± 1,28 ^a	5,58 ± 2,27 ^b
Odor*	6,92 ± 1,52 ^a	6,96 ± 1,25 ^a	5,81 ± 1,81 ^b
Sabor*	7,62 ± 1,30 ^a	7,62 ± 0,90 ^a	6,35 ± 2,02 ^b
Textura*	7,65 ± 0,85 ^a	7,50 ± 1,07 ^a	6,46 ± 1,84 ^b

*Valores expressos como média ± desvio padrão; letras distintas entre as médias indicam diferença estatística significativa no nível de 5% pelo teste de Tukey.

4 Conclusões

Considerando-se apenas os atributos tecnológicos das formulações estudadas, a formulação com 10% de centeio apresentou-se mais próxima ao padrão, com menor comprometimento e de melhor aplicação. Porém, se considerada a funcionalidade dos nutrientes agregados, a aceitação dos consumidores e a possibilidade de ajustes à tecnologia de produção de macarrões, a formulação com de 25% de centeio mostrou-se mais promissora.

Agradecimentos

À Embrapa Trigo, pelo apoio científico, técnico e financeiro.

Ao Moinho Santa Maria, pelo auxílio nas análises.

Referências

AMAN, P. Health aspects of rye. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RYE BREEDING & GENETICS, 2006, Groß Lüsewitz. **Book of Abstracts**... Groß Lüsewitz: Federal Centre for Breeding Research, 2006. p. 22.

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

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; DELLA LUCIA, S. M.; PEREIRA, P. C.; FIALHO E MORAES, A. R.; CASTRO, V. C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

BOROS, D. Prospects of greater utilization of rye in animal feeding and human consumption. In: EUCARPIA RYE MEETING, 2001, Radzików. **Proceedings**... Radzików: Plant Breeding and Acclimatization Institute, 2001. p. 285.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 jan. 1998. Seção 1, p. 1-3.

BRÜMMER, J. M. German Rye for Bread Production. In: EUCARPIA RYE MEETING, 2001, Radzików. **Proceedings**... Radzików: Plant Breeding and Acclimatization Institute, 2001. p. 277-284.

BUSHUK, W. **Rye: Production, Chemistry, and Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Incorporated, 1976. v. 5. 181 p.

CASAGRANDE, D. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SALGADO, J. M.; PIZZINATTO, A.; NOVAES, N. J. Análise tecnológica, nutricional e sensorial de macarrão elaborado com farinha de trigo adicionada de farinha de feijão-guandu. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 137-143, 1999.

FENNEMA, O. R. **Química de los Alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acriba, 2000. 1258 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Alimentación y Nutrición: Creación de un Mundo Bien Alimentado**. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1992.

HOROWITZ, W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Washington: AOAC, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISA AC NIELSEN. **Tendências 97**. São Paulo: AC NIELSEN, 1997.

KINSEY, J. D. Food and families' socioeconomic status. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, suppl. 9, p. 1878S-1885S, 1994.

LEINONEN, K. S.; POUTANEN, K. S.; MYKKÄNEN, H. M. Rye bread decreases serum total and LDL cholesterol in men with moderately elevated serum cholesterol. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, n. 2, p. 164-170, 2000.

MCLEOD, J. G.; GAN, Y.; SCOLES, G. J.; CAMPBELL, G. L. Extract viscosity and feeding quality of rye. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RYE BREEDING & GENETICS, 1996, Stuttgart. **Vorträge für Pflanzenzüchtung**... Stuttgart: University of Hohenheim, 1996. p. 97-108.

Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeioKAMINSKI, T. A. *et al.*

- MIRANDA, M. Z.; MORI, C.; LORINI, I. **Qualidade Comercial do Trigo Brasileiro: Safra de 2006: Descrição dos Métodos Usados para Avaliar a Qualidade do Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do112_5.htm>. Acesso em: 30 jul. 2010.
- NASCIMENTO JUNIOR, A.; BAIER, A. C.; ROMAN, E. S.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M. C.; SALVADORI, J. R.; VARGAS, L.; DEL LUCA, L. J. A.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; WIETHÖLTER, S. **Cultivo de Centeio**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Centeio/CultivodeCenteio_2ed/index.htm>. Acesso em: 28 jul. 2010.
- NESTAL, P. **Fortificación de los Alimentos en los Países en Desarrollo**. Washington: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 1993.
- OLIVEIRA, M. F.; WANG, S. H.; COSTA, P. S.; ASCHERI, J. L. R. Qualidade de cozimento de massas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p. 501-507, 2004.
- ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG, Y. K. Macarrão de arroz: características de cozimento e textura em comparação com o macarrão convencional e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 91-97, 2003.
- PICOLLI, L.; CIOCCA, M. L. S. Determinação de fibra total, insolúvel e solúvel em grãos de cereais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p. 184-186.
- PRESTERL, T.; SPANAKAKIS, F.; LOOCK, A.; RATTUNDE, F.; MIEDANER, T.; GEIGER, H. H. Improving falling number in rye: Genetic basis and selection strategies. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RYE BREEDING & GENETICS, 1996, Stuttgart. **Vorträge für Pflanzenzüchtung...** Stuttgart: University of Hohenheim, 1996. p. 121-128.
- RAKOWSKA, M. The nutritive quality of rye. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RYE BREEDING & GENETICS, 1996, Stuttgart. **Vorträge für Pflanzenzüchtung...** Stuttgart: University of Hohenheim, 1996. p. 85-95.
- SERRA MAJEN, L. I.; ARANCETA, B. J.; MATAIX, V. J. **Nutrición y salud pública: Metodos, Bases Científicas y Aplicaciones**. 2. ed. Barcelona: Masson, 1995.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Boletim Técnico do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.
- TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20-25, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612001000100006>