



## Avaliação dos parâmetros tecnológicos de farinha de trigo fortificada com sulfato ferroso microencapsulado

Giovana BOLGAR<sup>1</sup>; Viviane Naomi KOHATSU<sup>1</sup>; Ana Paula REBELLATO<sup>2\*</sup>; Izabela D. ALVIM<sup>3</sup>; Juliana A. LIMA PALLONE<sup>4</sup>; Caroline Joy STEEL<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduanda (Iniciação Científica), Departamento de Tecnologia de Alimentos, FEA/Unicamp

<sup>2</sup>Pesquisadora Pós-Doutorado, Departamento de Tecnologia de Alimentos, FEA/Unicamp

<sup>3</sup>Pesquisadora, Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL

<sup>4</sup>Professora, Departamento de Ciências de Alimentos, FEA/Unicamp

<sup>5</sup>Professora, Departamento de Tecnologia de Alimentos, FEA/Unicamp

\*E-mail para correspondência: paularebe@hotmail.com; steel@unicamp.br

**RESUMO:** A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 344/2002 foi substituída pela RDC n° 150/2017, permitindo somente o uso de sulfato ferroso, fumarato ferroso e suas formas encapsuladas, para o enriquecimento de farinha de trigo. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da fortificação de farinha de trigo com sulfato ferroso e sulfato ferroso microencapsulado em relação aos parâmetros reológicos e à estabilidade oxidativa. Para tanto, foi realizada a fortificação das farinhas de trigo com três diferentes níveis de concentração para o sulfato ferroso microencapsulado e sulfato ferroso livre (4, 6,5 e 9 mg/100 g). O teor de ferro nas amostras fortificadas apresentou conformidade com as especificações. Foram observadas alterações nos parâmetros farinográficos quanto à absorção de água (AA) e ao índice de tolerância à mistura (ITM), após a fortificação das farinhas de trigo. Já os parâmetros extensográficos sofreram alteração em pelo menos uma amostra após o enriquecimento. Através das propriedades reológicas, a farinha de trigo controle foi classificada como forte e sua fortificação não alterou a classificação. Em relação ao índice de peróxido, as amostras de farinha fortificadas com sulfato ferroso microencapsulado apresentaram comportamento semelhante à amostra controle, porém, acelerando o processo de oxidação.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o enriquecimento de farinha de trigo com ferro vem sendo realizado desde 2002, com o objetivo de reduzir a incidência de anemia na população (BRASIL, 2002). Porém, estudos demonstram que mesmo após a implementação da fortificação de farinhas com ferro, não foi observada redução nos casos de anemia na população (HURRELL et al., 2010).

No processo de fortificação, é essencial que não ocorra o comprometimento da qualidade da matéria-prima nem do produto final, como alterações de cor, sabor, custo, propriedades tecnológicas e de qualidade, capacidade de absorção no organismo, além do efeito do ferro (pró-oxidante) sobre a oxidação lipídica (AKHTAR et al., 2011; WHO, 2006; ARAÚJO, 2004).

Os parâmetros reológicos, avaliados por ensaios farinográficos e extensográficos, fornecem informações relevantes sobre o comportamento de manipulação da massa durante o processamento, e podem prever a qualidade dos pães, por exemplo. Variações nesses parâmetros não são desejáveis pois podem comprometer a qualidade do produto final (PIZZINATTO, 1997; REBELLATO, 2017).



Pesquisadores (COCATO et al., 2007; MAJEED et al., 2013) têm sugerido a substituição do sulfato ferroso pelo mesmo composto, porém microencapsulado, pois esta técnica apresenta a vantagem de proteger o alimento de alterações organolépticas indesejáveis, e assim evitar a perda de qualidade durante todas as etapas do processamento, armazenamento e transporte (REBELLO, 2009).

Nesse contexto, fica evidente também a necessidade de se avaliar a estabilidade da farinha de trigo enriquecida com os compostos de ferro empregados na sua fortificação, durante seu armazenamento, a fim de assegurar que não haja alterações nutricionais, sensoriais e tecnológicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A farinha de trigo (sem fortificação) utilizada era composta por:  $12,06 \pm 0,23\%$  de umidade;  $12,60 \pm 0,53\%$  de proteínas (%);  $1,29 \pm 0,04\%$  de lipídios;  $0,52 \pm 0,04\%$  de cinzas; 73,53% de carboidratos; e teor de ferro de  $0,92 \pm 0,04$  mg de ferro/100 g de farinha. A fortificação foi realizada em 3 diferentes níveis de concentração (4, 6,5 e 9 mg/100 g), com sulfato ferroso livre (SF\_4, SF\_6.5, SF\_9) e sulfato ferroso microencapsulado (SFM\_4, SFM\_6.5 e SFM\_9).

As avaliações farinográficas e extensográficas da farinha foram realizadas de acordo com os métodos n° 54-21.01 (AACCI, 2010) e n° 54-10.01 (AACCI, 2010), respectivamente. Os resultados obtidos foram analisados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ( $p < 0.05$ ), através do programa Statistica 7.0 (StatSoft, EUA).

A avaliação da estabilidade oxidativa da farinha foi realizada conforme descrito por Rebellato et al. (2018), e o acompanhamento da vida de prateleira foi realizado logo após a fortificação (tempo inicial), e após 60 e 120 dias de estocagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da avaliação farinográfica das amostras de farinha de trigo. Para o parâmetro absorção de água somente as amostras SFM\_6.5 e SFM\_9 apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quando comparadas à amostra controle (sem fortificação). Já os parâmetros tempo de desenvolvimento da massa e estabilidade não sofreram alteração após a fortificação da farinha de trigo com os compostos de ferro.

Para o índice de tolerância à mistura (ITM), somente a amostra SF\_4 diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) da amostra controle e não foi observada diferença significativa entre as demais formas e concentrações utilizadas na fortificação.



**Tabela 1.** Parâmetros farinográficos das amostras de farinha de trigo.

Amostras	AA (%)	TDM (min)	EST (min)	ITM (UF)
Controle	57.65 ± 0.35b	15.43 ± 1.69a	20.60 ± 1.93ab	24.00 ± 2.00ab
SF_4	57.73 ± 0.25ab	15.00 ± 0.00a	22.13 ± 0.31a	17.00 ± 2.00c
SF_6.5	57.50 ± 0.10ab	15.57 ± 0.06a	21.07 ± 0.15ab	20.00 ± 0.00bc
SF_9	57.17 ± 0.06b	14.20 ± 0.26a	20.60 ± 0.35ab	19.80 ± 1.59bc
SFM_4	57.57 ± 0.46ab	14.70 ± 0.35a	19.90 ± 0.66b	25.00 ± 1.73a
SFM_6.5	58.20 ± 0.10 <sup>a</sup>	14.70 ± 0.26a	20.23 ± 0.15ab	21.67 ± 1.53abc
SFM_9	56.33 ± 0.26c	14.87 ± 0.23a	20.33 ± 0.21ab	20.67 ± 2.08abc

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). AA: Absorção de Água. TDM: Tempo de Desenvolvimento da Massa. EST: Estabilidade. ITM: Índice de Tolerância à Mistura. UF: Unidades Farinográficas. Controle: farinha de trigo sem adição de ferro; SF: sulfato ferroso em 3 diferentes níveis de concentração (4, 6,5 e 9 mg/100 g); SFM: sulfato ferroso microencapsulado em 3 diferentes níveis de concentração (4, 6,5 e 9 mg/100 g).

A Tabela 2 apresenta os valores avaliados no extensôgrafo para as farinhas de trigo enriquecidas. Das amostras avaliadas, somente as farinhas fortificadas SF\_4 e SFM\_6.5 diferiram significativamente das demais no tempo de 45 min, inclusive da farinha controle, no parâmetro resistência à extensão. No tempo de 90 min, com exceção das amostras controle e SFM\_9, que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), todas as demais amostras fortificadas, com sulfato ferroso microencapsulado ou livre, apresentaram diferença significativa. O mesmo comportamento (R em 45 min) foi verificado para o tempo de 135 min, onde somente as amostras SF\_4 e SFM\_6.5 diferiram das demais e apresentaram os maiores valores de resistência à extensão.

Em relação à resistência máxima (Rm), observou-se que, no tempo de 45 min, nenhuma amostra apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ). No tempo de 90 min, com exceção das amostras controle, SFM\_4 e SFM\_9, que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), todas as demais amostras não apresentaram diferença significativa. Já em 135 min, observou-se que somente a amostra SF\_4 apresentou diferença significativa quando comparada ao controle.

Das amostras fortificadas, apenas a SF\_6.5 diferiu significativamente das demais no tempo de 45 min, inclusive do controle, no parâmetro extensibilidade. No tempo de 90 min, as amostras SF\_4 e SFM\_6.5 diferiram entre si e também do controle. O mesmo comportamento (E em 90 min) foi observado no tempo de 135 min.



Tabela 2. Parâmetros extensográficos das amostras de farinha de trigo

Parâmetro	Farinha de trigo	Tempo (min)		
		45	90	135
Resistência à extensão (UE)	Controle	469.33 ± 37.75cd	628.33 ± 74.71c	815.00 ± 70.87cd
	SF_4	593.67 ± 26.76b	1068.67 ± 20.13a	1259.00 ± 103.12a
	SF_6.5	523.00 ± 7.94bcd	796.67 ± 25.32b	934.67 ± 82.08bcd
	SF_9	550.33 ± 49.56bc	845.00 ± 65.51b	915.67 ± 63.58bcd
	SFM_4	465.67 ± 30.89d	779.67 ± 33.02b	968.00 ± 84.89bc
	SFM_6.5	680.33 ± 32.87a	1126.67 ± 70.32a	1134.67 ± 113.60ab
	SFM_9	543.33 ± 28.71bcd	733.33 ± 60.14bc	712.67 ± 36.53d
Resistência máxima à extensão (UE)	Controle	643.67 ± 59.74ab	833.67 ± 62.45d	1190.00 ± 35.38bc
	SF_4	726.33 ± 30.04a	1333.33 ± 22.14a	1466.00 ± 117.50a
	SF_6.5	686.67 ± 9.29ab	1084.00 ± 9.54bc	1208.67 ± 90.39b
	SF_9	713.00 ± 59.81ab	1123.33 ± 91.92b	1218.67 ± 71.79b
	SFM_4	602.67 ± 44.29b	1009.33 ± 53.35bcd	1202.67 ± 73.32b
	SFM_6.5	682.33 ± 33.56ab	1139.33 ± 65.61b	1214.33 ± 98.40b
	SFM_9	672.33 ± 31.79ab	940.33 ± 37.29cd	961.33 ± 47.17c
Extensibilidade (mm)	Controle	142.00 ± 12.29a	141.33 ± 14.19a	135.67 ± 13.50a
	SF_4	127.00 ± 7.21a	115.33 ± 3.21b	107.33 ± 1.53c
	SF_6.5	136.67 ± 4.16a	128.33 ± 5.51ab	125.00 ± 3.00abc
	SF_9	137.33 ± 4.93a	123.33 ± 5.69ab	123.67 ± 4.73abc
	SFM_4	132.67 ± 3.21a	126.33 ± 3.51ab	118.00 ± 1.73abc
	SFM_6.5	83.33 ± 5.51b	76.67 ± 3.79c	70.00 ± 5.57d
	SFM_9	128.33 ± 1.53a	128.00 ± 5.00ab	128.67 ± 4.16ab
Número proporcional (UE/mm)	Controle	3.17 ± 0.35c	4.20 ± 0.50d	5.67 ± 0.31de
	SF_4	4.67 ± 0.40b	9.27 ± 0.32b	11.70 ± 0.96b
	SF_6.5	3.83 ± 0.15bc	6.23 ± 0.32c	7.47 ± 0.60cd
	SF_9	4.00 ± 0.46bc	6.90 ± 0.66c	7.43 ± 0.61cd
	SFM_4	3.50 ± 0.26bc	6.17 ± 0.45c	8.20 ± 0.70c
	SFM_6.5	7.53 ± 0.75a	14.67 ± 0.42a	17.30 ± 1.00c
	SFM_9	4.57 ± 0.57b	6.83 ± 0.85c	5.30 ± 0.10e
Área (cm <sup>2</sup> )	Controle	124.33 ± 2.89ab	170.67 ± 13.61ab	189.00 ± 14.11a
	SF_4	123.33 ± 7.37ab	186.00 ± 8.00a	186.33 ± 15.18a
	SF_6.5	126.00 ± 4.58a	173.00 ± 8.72ab	185.33 ± 16.86a
	SF_9	131.33 ± 8.50a	170.33 ± 16.65ab	183.33 ± 11.93a
	SFM_4	106.33 ± 6.51b	158.33 ± 3.51ab	169.67 ± 12.86a
	SFM_6.5	69.00 ± 2.00c	104.00 ± 9.00c	95.67 ± 7.51b
	SFM_9	117.33 ± 5.86ab	153.33 ± 6.51b	155.33 ± 5.03a

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Valores médios na mesma coluna, para o mesmo parâmetro, seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). UE: Unidades Extensográficas. Controle: farinha de trigo sem adição de ferro; SF: sulfato ferroso em 3 diferentes níveis de concentração (4, 6,5 e 9 mg/100 g); SFM: sulfato ferroso microencapsulado em 3 diferentes níveis de concentração (4, 6,5 e 9 mg/100 g).

Com relação ao número proporcional, no tempo de 45 min, as amostras SF\_4, SFM\_6.5 e SFM\_9 apresentaram diferença significativa quando comparadas ao controle. No tempo de 90 min, foi observada diferença significativa entre todas as farinhas fortificadas quando comparadas ao controle. Já no tempo de

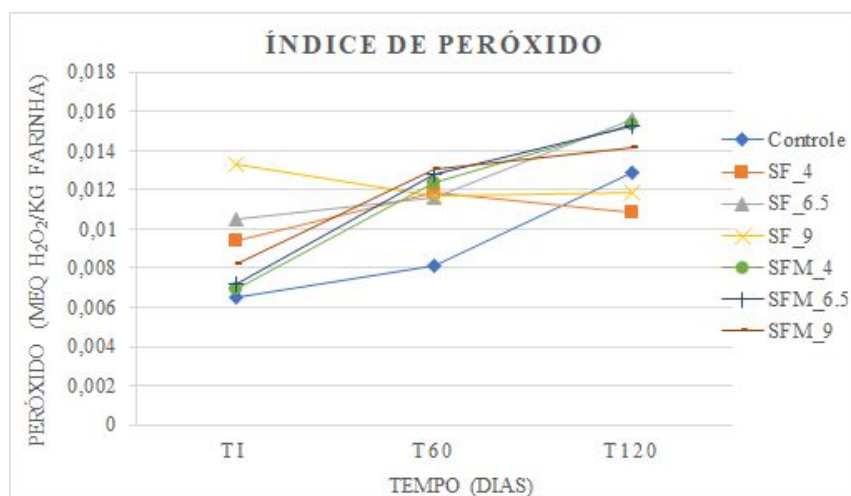


135 min, somente as amostras SF\_6.5, SF\_9 e SFM\_9, não diferiram da amostra controle ( $p > 0,05$ ). Para o parâmetro área (A), somente a amostra SF\_6.5 diferiu significativamente das demais amostras, inclusive do controle, no tempo de 45 min. Esse mesmo comportamento foi observado para os demais períodos avaliados (90 e 135 min). Dessa forma, verificamos que os compostos de ferro empregados no processo de fortificação interferiram nos parâmetros extensográficos, ou seja, na resistência da massa à extensão.

A partir da reologia, podemos confirmar que a farinha de trigo utilizada no presente estudo, mesmo após a fortificação com sulfato ferroso ou sulfato ferroso microencapsulado, pode ser classificada como muito forte. Nesse caso, para a elaboração de biscoitos será necessário realizar a mistura dessa farinha com uma farinha mais fraca, ou utilizar amido de milho, até que sejam alcançados valores ideais em relação aos parâmetros farinográficos e extensográficos para uma farinha fraca. Portanto, podemos ressaltar que a fortificação da farinha de trigo com sulfato ferroso microencapsulado e livre (não microencapsulado) não alterou a classificação da farinha de trigo.

Os valores de índice de peróxido das amostras de farinha de trigo refinada controle e das fortificadas, ao longo dos 120 dias de armazenamento, estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Índice de peróxido das amostras de farinha de trigo durante 120 dias de armazenamento.



Controle: farinha de trigo sem adição de ferro; SF: sulfato ferroso em 3 diferentes níveis de concentração (4, 6,5 e 9 mg/100 g); SFM: sulfato ferroso microencapsulado em 3 diferentes níveis de concentração (4, 6,5 e 9 mg/100 g). TI: tempo inicial; T60: 60 dias e T120: 120 dias.

As amostras de farinha de trigo fortificadas com sulfato ferroso microencapsulado apresentaram um aumento nos valores de índice de peróxido (IP) ao longo do tempo de armazenamento, como também observado para a farinha controle. Já as farinhas fortificadas com sulfato ferroso livre, principalmente a amostra SF\_9, não apresentou este mesmo comportamento, pois apresentou o maior IP já no primeiro



ponto avaliado. Desta forma, é possível verificar que independente da forma e da concentração do composto de ferro empregado no processo de fortificação, o mesmo é responsável por acelerar o processo de oxidação da farinha de trigo.

## CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que o enriquecimento da farinha de trigo com SF e SFM alterou os parâmetros reológicos quando comparado à farinha de trigo sem fortificação. Através da reologia (farinografia e extensografia), a força das farinhas enriquecidas foram caracterizadas como forte e para a elaboração de biscoitos será necessário a mistura dessa farinha com uma mais fraca (ou amido de milho).

Em relação ao índice de peróxido, independentemente da forma e da concentração utilizada, as amostras fortificadas sofreram maior oxidação quando comparadas à amostra controle.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC, 2010. Approved Methods of Analysis, 11th ed. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.
- AKHTAR, S., ANJUM, F.M., ANJUM, M.A., 2011. Micronutrient fortification of wheat flour: Recent development and strategies. Food Research International. Int. 44, 652–659. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.033>
- BRASIL, 2017. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RESOLUÇÃO - RDC Nº 150, DE 13 DE ABRIL DE 2017.
- BRASIL, 2002. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC 344/2002.
- ARAÚJO, J. M. A. (2004). Química de Alimentos: Teoria e Prática. Viçosa, MG. Brasil.
- COCATO, M. L., RÉ, M. I., TRINDADE NETO, M. A., CHIEBAO, H. P., & COLLI, C. (2007). Avaliação por métodos in vitro e in vivo da biodisponibilidade de sulfato ferroso microencapsulado. Revista de Nutrição, 20, 239-247.
- HURRELL, R., RANUN, P., de PEE, S., BIEBINGER, R., HULTHEN, L., JOHNSON, Q., MAJEED, H., QAZI, H. J., SAFDAR, W., & FANG, Z. (2013). Microencapsulation Can Be a Novel Tool in Wheat Flour with Micronutrients Fortification: Current Trends and Future Applications – a Review. Czech Journal of Food Sciences, 31(6), 14.
- PIZZINATTO, A., 1997. Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle. 72.
- REBELLATO, A. P. et al. Fortification effects of different iron compounds on refined wheat flour stability. Journal Of Cereal Science. Campinas, p. 1-7. may. 2018.
- REBELLATO, A. P. et al. Mineral bioaccessibility in French breads fortified with different forms iron and its effects on rheological and technological parameters. Journal Of Cereal Science. Campinas, p. 56-63. jan. 2017.
- REBELLO, Flávia De Floriani Pozza. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. Revista Agrogeoambiental, Minas Gerais - Campus Inconfidentes, p. 134-144, 2009.
- WHO. Guidelines on food fortification with micronutrients. 2006. Geneva: World Health Organization.

**AGRADECIMENTOS:** Ao PIBIC/CNPq pela concessão da bolsa e à FEA/UNICAMP pela oportunidade de desenvolvimento do projeto de Iniciação Científica.