

AVALIAÇÃO DA FORÇA DE GEL DE *SURIMI* DE RESÍDUOS DE PESCADA-FOGUETE (*Macrodon ancylodon*) ENRIQUECIDO COM ADITIVOS PROTÉICOS

CLÁUDIO RAFAEL KUHN *

GERMANO JORGE DORNELES SOARES **

CARLOS PRENTICE-HERNÁNDEZ ***

JOÃO LUÍS DA SILVA VENDRUSCOLO ****

Aditivos protéicos (albumina de soro bovino e clara de ovo) foram adicionados ao *surimi* de resíduos do processamento de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) para proteger a rede protéica miofibrilar e aumentar a força do gel *kamaboko*, formado durante o processamento térmico do *surimi*. Também adicionou-se cloreto de amônio (NH_4Cl) para inibir a transglutaminase, enzima cuja presença aumenta a textura devido melhor conformação das proteínas no pré-aquecimento. A análise instrumental em testes de compressão revelou que o *surimi* contendo aditivos alcançou maior força de gel em relação ao controle, sendo a albumina do soro bovino melhor do que a clara de ovo ($P<0,05$). A utilização do NH_4Cl não demonstrou interferência da transglutaminase nos géis, indicando ausência da enzima na espécie estudada. Nas condições empregadas não foi caracterizada proteólise capaz de desestruturar o gel.

PALAVRAS-CHAVE: *SURIMI*; ADITIVOS PROTÉICOS; FORÇA DE GEL; TRANSGLUTAMINASE.

* Mestre em Ciências, Doutorando, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Campus Universitário, Pelotas, RS (e-mail: crkuhn@ig.com.br).

** Orientador, PhD. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Prof. Titular, DCTA-FAEM-UFPel

*** Co-orientador, Doutor em Engenharia de Alimentos, Prof. Adjunto, DQM-FURG, Rio Grande, RS.

**** Colaborador, Doutor em Ciência dos Alimentos, Pesquisador EMBRAPA – CPACT – Pelotas, RS.

1 INTRODUÇÃO

O gel protéico termoe estável (*kamaboko*) em produtos à base de *surimi* pode ser comprometido pela ação de proteases não-removidas totalmente durante o processamento. Essas enzimas, principalmente as catépsinas e as peptidases alcalinas (estáveis ao calor são ativadas no tratamento térmico), degradam as miofibrilas (*modori*) com perdas na textura que é o principal indicador de qualidade desses produtos (AN *et al.*, 1996; GARCÍA-CARREÑO, 1996).

Para a proteção da estrutura protéica miofibrilar são utilizados aditivos protéicos. Esses melhoram as propriedades físicas do gel e controlam a atividade das proteases (ótimo de atividade entre 55 e 65°C), evitando a clivagem das proteínas do músculo (MORRISSEY *et al.*, 1993). As proteínas do plasma bovino (PPB) destacam-se como as de melhor desempenho em relação a outros inibidores, como a clara de ovo e extrato de batata. No Brasil, ainda não há estudos direcionados para o melhor desenvolvimento de *surimi* e produtos derivados, constituindo campo aberto à investigação científica em espécies nativas, tanto marinhas como de água doce (KUHN e SOARES, 2002).

Pretendeu-se no presente trabalho avaliar, por análise instrumental em testes de compressão, a força de gel do *surimi* de resíduos da pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*), utilizando os aditivos protéicos albumina do soro bovino e clara de ovo. Também foi empregado o cloreto de amônio como inibidor da transglutaminase (enzima que contribui para maior estabilidade do gel), que pode estar naturalmente presente no músculo, favorecendo as ligações cruzadas entre as moléculas de proteína, principalmente, em etapas como pré-aquecimento (fenômeno denominado *suwari*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PROCESSAMENTO DE *SURIMI*

Carcaças inteiras de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) foram coletadas na indústria e após a retirada da cabeça, vísceras e cauda, lavadas em água clorada (5 ppm). O espinhaço obtido foi conduzido para o processo de separação mecânica em despoldadeira (Baader,

mod. 694, cilindro com perfurações de 5 mm de diâmetro) para obtenção da polpa. Essa foi lavada duas vezes em tanques de polietileno, utilizando-se água fria ($t < 10^{\circ}\text{C}$) na proporção 3:1 (água/polpa, p/p), com concentração salina de 1%, sob leve agitação durante 5 min e drenagem entre as lavagens. Após a segunda lavagem foi realizado o refino da polpa, por compressão, mediante malha de aço inox com 2 mm de diâmetro. Após, foi realizada a operação final de drenagem por compressão, retirando-se ao máximo o excesso de água. A polpa foi dividida em três porções, sendo uma para controle, outra com adição de albumina de soro bovino (1%) e a última com adição de clara de ovo (3%). Os crioprotetores (sorbitol 4% e tripolifosfato de sódio 0,3%) foram incluídos em todas as porções. Finalmente, o produto foi congelado e estocado a -20°C até o momento do preparo dos géis.

2.2 PREPARO DOS GÉIS

Amostras de *surimi*, previamente descongeladas, foram misturadas por 2 min aos ingredientes, em cinco diferentes formulações de *surimi*: (S1) controle; (S2) com albumina do soro bovino (1%); (S3) com albumina do soro bovino (1%) e NH_4Cl (0,7%); (S4) com clara de ovo (3%); (S5) com clara de ovo (3%) e NH_4Cl (0,7%). Todas as formulações continham NaCl (2%) e amido (5%). As amostras foram acondicionadas em formas cilíndricas (2,5 cm de diâmetro e altura) e submetidas a três tipos de aquecimento em banho-maria: (A) 90°C por 15 min; (B) 90°C por 30 min; e (C) 60°C por 30 min mais 90°C por 15 min. Após o aquecimento, as amostras foram resfriadas para cessar completamente o processo e a seguir embaladas e congeladas para a realização dos ensaios físicos.

2.3 DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE GEL

A análise instrumental foi realizada em Máquina Universal de Testes (Instron, mod. 1130), utilizando-se célula de carga de 50 Kg, velocidades de carta e cabeça de $10\text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$ e célula plana de pistão chato (35 mm de diâmetro). As amostras cilíndricas com altura e diâmetro de 2,5 cm foram comprimidas no sentido axial (1/4 da sua altura). A resistência máxima à compressão foi obtida experimentalmente, submetendo-se as amostras até o ponto de ruptura da estrutura (BOYE e LANIER, 1988; SOARES e ARÊAS, 1995).

2.4 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Para análise da umidade, 5 g de cada amostra foram submetidas ao método de secagem em estufa, com circulação natural de ar, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, até peso constante, com três repetições (AOAC, 1995).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O modelo estatístico adotado foi o de blocos inteiramente casualizados, utilizando-se o teste de Duncan para comparação de médias a 5% de probabilidade de erro. O delineamento experimental contou com esquema fatorial $5 \times 3 \times 3$ (5 formulações, 3 tipos de aquecimento, 3 repetições), sendo utilizado o software Statistic 6.0 (STATSOFT, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito dos aditivos protéicos na força de gel baseia-se na proteção da principal característica da proteína (capacidade de geleificação sob aquecimento), intimamente relacionada com a integridade da matriz protéica (LANIER e LEE, 1992). O resultado do teste de compressão, nos géis de *surimi* de resíduos da pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) é mostrado na Tabela 1.

TABELA 1 - FORÇA DE COMPRESSÃO (g) PARA OS GÉIS KAMABOKO DE SURIMI DE RESÍDUOS DA PESCADA-FOGUETE (*Macrodon ancylodon*)

Tratamento térmico*	Formulação**				
	S1	S2	S3	S4	S5
A	1866,67c	2255,00b	3208,33 ^a	2325,00b	2483,33b
B	2225,00c	2433,00b	3026,67 ^a	2515,00b	2446,67b
C	2116,67c	2751,67b	2866,67 ^a	2620,00b	2533,33b
Médias	2069,45c	2479,67b	3033,89 ^a	2486,67b	2487,77b

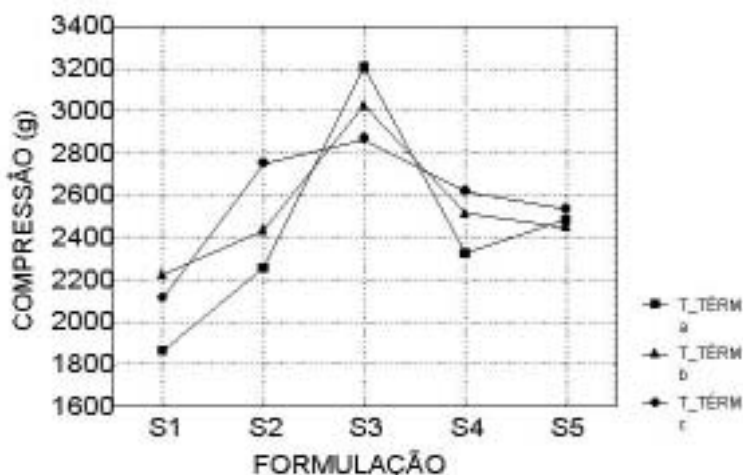
Valores médios na mesma linha, não seguidos pela mesma letra, diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade do erro.

* A = 90°C , 15 min; B = 90°C , 30 min; C = 60°C , 30 min + 90°C , 15 min.

** *Surimi*: S1 controle; S2 com ASB; S3 com ASB + NH_4Cl ; S4 com clara de ovo; S5 com clara de ovo + NH_4Cl .

No tratamento S3, usando albumina do soro bovino como aditivo, o gel *kamaboko* de pescada-foguete apresentou maior resistência à compressão indicando seu efeito sobre a matriz protéica. A variável que apresentou influência significativa na força de gel foi a formulação, independentemente, do tratamento térmico de acordo com a análise de variância. Na Figura 1 são demonstrados os resultados do teste de compressão.

FIGURA 1 - FORÇA DE COMPRESSÃO (g) DE GÉIS DE *SURIMI* DE PESCADA-FOGUETE (*Macrodon ancylodon*) EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS

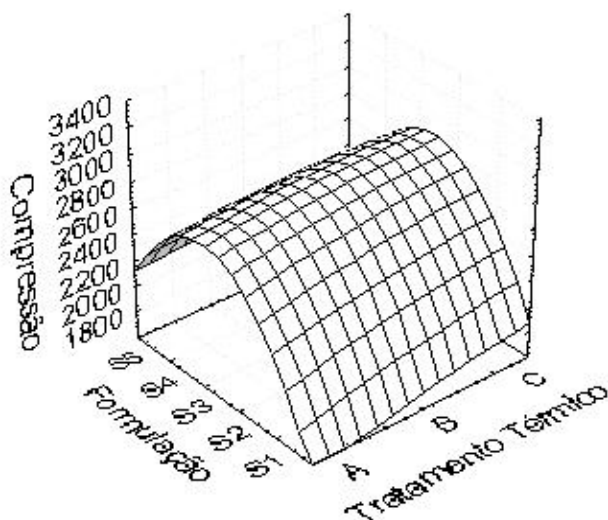


O gel de *surimi* de pescada-foguete, mesmo sem a utilização de aditivos, alcançou força de compressão média (2,0 Kg) maior que a de géis de *surimi* de tilápia (1,0 Kg), estudados por BARRETO e BEIRÃO (1999). BOYE e LANIER (1988), estudando o gel de xisarro do Atlântico (*Brevoortia tyrannus*), encontraram igualmente a média de 2,0 Kg para a força de compressão em géis sem inibidores e igual processamento térmico. O perfil de comportamento nos testes de compressão de *surimi* de resíduos de pescada-foguete mostrou-se similar ao dos géis de *surimi* de arenque do Pacífico (*Clupea areniscus*) estudados por REPPOND et al. (1995). Em condições de processamento similares não foi encontrada atividade proteolítica capaz de degradar o gel, mesmo

na amostra controle. A presença de aditivos como as proteínas do plasma e da clara de ovo também ocasionaram aumento na força do gel. Para WASSON *et al.* (1992), o uso de proteínas do plasma bovino como inibidor a 3% em surimi foi mais efetivo que clara de ovo na mesma concentração. A firmeza e a elasticidade de géis de *surimi* de sardinha (ROUSSEL e CHEFTEL, 1988) e de merluza da Antártida (*Merluccius* spp) foram estudadas por CHANG-LEE *et al.* (1990) e MORRISSEY *et al.* (1993). Os resultados indicaram que albumina do soro bovino e clara de ovo aumentam a força do gel, em relação ao controle, corroborando os dados obtidos neste experimento.

A utilização de superfície de resposta (Figura 2) possibilita visualizar a melhor região de trabalho, sendo possível identificar a variável que apresenta maior influência. Os resultados apontaram que a formulação S3, independente do tratamento térmico, foi significativamente melhor ($P<0,05$) em relação ao controle, suportando mais de 3,0 Kg de compressão. Os demais tratamentos, embora superiores ao controle ($P<0,05$), não apresentaram diferença significativa capaz de distingui-los entre si.

FIGURA 2 - CARACTERIZAÇÃO DA FORÇA DE COMPRESSÃO (g) DE GÉIS DE *SURIMI* DE PESCADA-FOGUETE (*Macrodon ancylodon*) NOS DIFERENTES TRATAMENTOS



A maior termoestabilidade da albumina do soro bovino pode explicar seu melhor desempenho na força de gel pela presença da fração γ -globulina (RAEKER e JOHNSON 1995), exigindo assim maior temperatura de desnaturação. SEYMOUR *et al.* (1997), estudando a albumina do soro bovino em combinação com a fração globulina (FIV-1), demonstraram que o aumento da força de gel termo-induzido foi superior ao obtido com a fração isoladamente. Tal fato sugere interação sinérgica entre a albumina do soro bovino e a fração α_2 -macroglobulina (α_2 -M), podendo a albumina do soro bovino formar gel próprio em altas concentrações (>4%), o que incrementa as ligações dissulfeto e contribui para a estabilidade do gel.

O aumento na força de gel de *surimi* de pescada-foguete com clara de ovo deve-se à presença de ovostatina, de estrutura molecular e função homóloga à α_2 -M (WEERASINGHE *et al.* 1996). Segundo ASHIE e SIMPSON (1996) essa proteína inibiu de modo não-competitivo as proteases catepsina-D, tripsina, quimiotripsina e collagenase, controlando sua atividade e de outras enzimas. Apesar de tratar-se de macromolécula, sua utilização em *surimi* pode ser viabilizada, pois esses produtos apresentam tecido muscular alterado, sem a presença de membranas que possam impedir sua penetração.

O conteúdo médio de umidade do *surimi* de pescada-foguete alcançou valor médio de 79% (Tabela 2). O teor de umidade é um dos fatores críticos no processamento do *surimi* e exerce influência na textura do gel *kamaboko*. Os percentuais de umidade obtidos mostraram-se menores que os encontrados por KUHN e PRENTICE (1999) em *surimi* de pescada-foguete (82%). Menor conteúdo de umidade em produtos à base de *surimi* possibilita a formação de gel com maior qualidade, o que se reflete na força de gel. REPPOND e BABBITT (1997) estudando os géis de *surimi* de merluza da Antártida (*Merluccius* spp), arenque do pacífico (*Clupea harengus*) e merluza comum (*Merluccius argentiniensis*), encontraram maior força de gel na faixa de umidade entre 70 e 74%. Os valores de compressão obtidos no presente experimento podem ter sido limitados pelo nível de umidade. A retirada de água no processamento de *surimi* não foi adequada, necessitando de maior tempo na prensagem da polpa, ou então, indica a retirada do excesso de água por centrifugação.

**TABELA 2 - UMIDADE DE *SURIMI* DE PESCADA-FOGUETE
(*Macrodon ancylodon*)**

TRATAMENTO *	UMIDADE (%)
S1	79,2539
SASB	80,2589
SEW	78,4710
Total	79,3174

**Surimi*: S1, controle; SASB, com ASB; SEW, com clara de ovo.

A presença de ar nos géis também limita a obtenção de maior força de compressão, pois o ar no interior da amostra causa rompimento precoce da sua estrutura durante a compressão. Sabe-se que o embutimento da amostra em tripas de colágeno (resistentes à cocção) e a utilização de misturadores a vácuo modificam a densidade dos géis, permitindo melhores respostas na avaliação da textura.

Os géis contendo NH_4Cl como inibidor da transglutaminase, associado aos aditivos protéicos, aumentaram significativamente ($P<0,05$) a força de gel em relação ao controle e aos tratamentos apenas com aditivos. A presença de NH_4Cl inibiria a ação da enzima, caso estivesse presente, resultando em géis com força de compressão menor. Em géis de *surimi* de merluza da Antártida, estudados por KUMAZAWA *et al.* (1995), foi verificada redução de 50% na força de gel com o uso de NH_4Cl . Tal fato indica a presença de transglutaminase naquela espécie, o que não se confirmou no caso da pescada-foguete.

4 CONCLUSÃO

A utilização dos aditivos protéicos aumentou significativamente ($P<0,05$) a força de gel do *surimi* de resíduos da pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) em relação ao controle.

A albumina de soro bovino (ASB) mostrou-se melhor que a clara de ovo (com diferença significativa), atingindo força de compressão superior a 3,0Kg.

A utilização do NH_4Cl não demonstrou interferência da transglutaminase nos géis, indicando ausência da enzima espécie estudada.

Os géis controle (sem inibidores), embora inferiores estatisticamente aos géis com aditivos, evidenciaram boa força de gel, indicando que nas condições em estudo não houve atividade proteolítica capaz de desestruturar a rede protéica.

Abstract

GEL STRENGTH EVALUATION OF SURIMI FROM BRAZILIAN WEAKFISH (*Macrodon ancylodon*) WASTES ENRICHED WITH PROTEIN ADDITIVES

The protein additives bovine serum albumin (BSA) and egg white were added to *surimi* processed from Brazilian weakfish (*Macrodon ancylodon*) wastes to protect the myofibril protein and to increase the gel strength of *kamaboko* gels formed during the heating process of *surimi*. The ammonium chloride was also added (NH_4Cl) as a transglutaminase inhibitor to identify the presence of the enzyme, which enhances the texture due to better protein configuration in pre-heating. The instrumental analysis by compression tests revealed that the *surimi* content additives reached larger gel strength than the control, with BSA being better than the egg white ($P < 0.05$). The utilization of NH_4Cl didn't show interference of transglutaminase in the gels, showing absence of the enzyme in the species studied. At the conditions employed, proteolysis capable of denature the gel wasn't characterized.

KEY-WORDS: SURIMI; PROTEIN ADDITIVES; GEL STRENGTH, TRANSGLUTAMINASE.

REFERÊNCIAS

- 1 AN, H.; PETERS, M. Y.; SEYMOUR, T. A. Roles of endogenous enzymes in *surimi* gelation. **Trends in Food Science and Technology**, v.7, p. 321–326, 1996.
- 2 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC international**. 16th ed. Arlington, 1995.
- 3 ASHIE, I. N. A.; SIMPSON, B. K. α_2 -Macroglobulin inhibition of endogenous proteases in fish muscle. **J.Food Science**, v. 61, n. 2, p. 357-361, 1996.
- 4 BARRETO, P. L. M.; BEIRÃO, L. H. Influência do amido e carragena nas propriedades texturais do *surimi* de tilápia (*Oreochromis SP.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 19, n. 2, p. 183-188, 1999.
- 5 BOYE, S. W.; LANIER, T. C. Effects of heat-stable alkaline protease activity of Atlantic menhaden (*Brevoortia tyrannus*) on *surimi* gels. **J.Food Science**, v. 53, n. 5, p. 1340-1342, 1988.
- 6 CHANG-LEE, M. V.; LAMPILLA, L. E.; CRAWFORD, D. L. Yield and composition

- of *surimi* from Pacific whiting (*Merluccius productus*) and the effect of various proteins additives on gel strength. **J. Food Science**, v. 55, n. 1, p. 83-86, 1990.
- 7 GARCÍA-CARREÑO, F. L. Proteinase inhibitors. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 197-204, 1996.
 - 8 KUHN, C. R.; PRENTICE, C. Estudo tecnológico para obtenção de *surimi* utilizando resíduos do processamento de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*). In: CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Prêmio jovem cientista: oceanos, fonte de alimentos**. Rio de Janeiro, 1999. Cap. 6, p. 181-211. (Publicação dos trabalhos vencedores).
 - 9 KUHN, C. R.; SOARES, G. J. D. Proteases e inibidores no processamento de *surimi*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 1, p. 5-11, 2002.
 - 10 KUMAZAWA, Y.; NUMAZAWA, K.; SEGURO, K.; MOTOKI, M. Suppression of *surimi* gel setting by transglutaminase inhibitors. **J. Food Science**, v.60, n.4, p.715-717, 726, 1995.
 - 11 LANIER, T.; LEE, C. M. **Surimi technology**. New York: Marcel Dekker, 1992.
 - 12 MORRISSEY, M. T.; WU, J. W.; LIN, D.; AN, H. Protease inhibitor effects on torsion measurements and autolysis of Pacific whiting *surimi*. **J. Food Science**, v. 58, n. 5, p. 1050-1054, 1993.
 - 13 REPPOND, K. D.; BABBITT, J. K. Gel properties from various fish species as affected by moisture content. **J. Food Science**, v. 62, n. 1, p. 33-36, 1997.
 - 14 REPPOND, K. D.; BABBITT, J. K.; BERNTSEN, S.; TSURUTA, M. Gel properties of *surimi* from Pacific herring. **J. Food Science**, v.60, n.4, p.707-710, 1995.
 - 15 RAEKER, M. Ö.; JOHNSON, L. A. Thermal properties of bovine blood plasma and egg white proteins. **J. Food Science**, v. 60, n. 4, p. 685-690, 706, 1995.
 - 16 ROUSSEL, H.; CHEFTEL, J. C. Characteristics of *surimi* and *kamaboko* from sardines. **J. Food Science and Technology**, v. 23, p. 607-623, 1988.
 - 17 SEYMOUR, T. A.; PETERS, M. Y.; MORRISSEY, M. T.; AN, H. *Surimi* gel enhancement by bovine plasma proteins. **J. Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 8, p. 2919-2923, 1997.
 - 18 SOARES, G. J. D.; ARÊAS, J. A. G. Effect of electrical stimulation on *Post mortem* biochemical characteristics and quality of *Longissimus dorsi thoracis* muscle from buffalo (*Bubalus bubalis*). **Meat Science**, v. 41, n. 3, p. 369-379, 1995.
 - 19 STATSOFT. **Statistic (data analysis software system)**. Cary, NC, 2001.
 - 20 WASSON, D. H.; REPPOND, K. D.; BABBITT, J. K.; FRENCH, J. S. Effects of additives on proteolytic and functional properties of arrowtooth flounder *surimi*. **J. Aquatic Food Products Technology**, v.1, n.3/4, p. 147-165, 1992.
 - 21 WEERASINGHE, V. C.; MORRISSEY, M. T.; AN, H. Characterization of active components in food-grade proteinase inhibitors for *surimi* manufacture. **J. Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 9, p. 2584-2590, 1996.