

COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE HAMBÚRGUERES DE CARNE BOVINA ELABORADOS COM CLORETO DE SÓDIO, POLIFOSFATO E TRANSGLUTAMINASE*

Micheli da Silva Ferreira¹⁺, Eliane Teixeira Mársico², Renata Jurema Medeiros³, Cecília Riscado Pombo¹, Mônica Queiroz Freitas², Sérgio Carmona São Clemente² e Carlos Adam Conte Junior²

ABSTRACT. Ferreira M. da S., Mársico E.T., Medeiros R.J., Pombo C.R., Freitas M.Q., São Clemente S.C. & Conte-Junior C.A. [**Comparison of physicochemical and sensorial characteristics of beef hamburgers elaborated with sodium chloride, poliphosphate and transglutaminase**]. Comparação das características físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne bovina elaborados com cloreto de sódio, polifosfato e transglutaminase. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 34(1):52-60, 2012. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rua Vital Brazil Filho, 64, Santa Rosa, Niterói, RJ 24230-340, Brasil. E-mail: micheliferreira@hotmail.com

Enzymes that stabilize proteins, such as transglutaminase, are potential alternatives to obtain restructured raw meat products to improve the texture and gel strength. In face of few data about differences and efficiency of the application of microbial transglutaminase (MTG) in front of traditional technologies. The purpose of this study was to compare physicochemical and sensorial characteristics of beef hamburgers elaborated with sodium chloride, poliphosphate and MTG. Ground beef was divided in Group 1 (control) = salt (2%), Group 2 = salt (2%) + polyphosphate (0.5%) and Group 3 = salt (2%) + MTG (1.5%). Ajinomoto's MTG enzyme (ACTIVA® TG-B) was used with 1.5% final concentration on hamburgers. It was also used the maximum concentration of poliphosphate (0.5%). The physicochemical analyses were determination of water activity, humidity at 105°C heater, calculation of yield and loss after frying the hamburgers. The sensorial tests were multiple comparison to evaluate preference (flavor and appearance), and acceptance test for texture and overall acceptability. The samples treated with polyphosphate showed more humidity before and after frying the hamburgers, although difference of yield was not observed between the control and the 2 treatments used. However, the yield of these 2 treatments was greater than the control, but without significant difference. The water activity was greater on raw samples treated with poliphosphate and MTG, but it didn't occur on fried samples. On sensorial analyses, the use of MTG in beef hamburgers improved the flavor, the appearance and the overall acceptability, likewise polyphosphate and these treatments were considered better than the control sample, which exhibit advantage in using these additives on restructured products. With reference to the texture, there was no statistic difference

*Recebido em 11 de janeiro de 2011.

Aceito para publicação em 22 de dezembro de 2011.

¹Médico-veterinário. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rua Vital Brazil Filho nº 64, Santa Rosa, Niterói, RJ 24230-340, Brasil. ⁺Autor para correspondência: E-mail: micheliferreira@hotmail.com

² Médico-veterinário. D.Sc. Departamento de Tecnologia de Alimentos, UFF, Niterói, RJ 24230-340. E-mails: elianee@vm.uff.br, mqfporto@gmail.com, scsc@vm.uff.br, mtaconte@vm.uff.br

³ Médico-veterinário. Programa de Pós-graduação em Vigilância Sanitária, Fundação Instituto Oswaldo Cruz, Av. Brasil nº 4365, Mangueiras, Rio de Janeiro, RJ 21040-900, Brasil. E-mail: renatajmedeiros@gmail.com

among the treatments. Whereas, the poliphosphate and MTG overall acceptability was considered better than the control. Thus, MTG is a great alternative to obtain raw restructured products, which can be offered under refrigeration.

KEY WORDS. Transglutaminase, poliphosphate, sodium chloride, bovine meat, hamburger, restructured beef.

RESUMO. Enzimas que estabilizam proteínas, como a transglutaminase, são potenciais alternativas para obtenção de produtos cárneos reestruturados crus com melhores textura e força de gel. Diante da carência de dados que demonstre as diferenças e a eficiência da aplicação de transglutaminase microbiana (TGM) frente a tecnologias mais tradicionais, o objetivo deste estudo foi comparar as características físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne bovina elaborados com cloreto de sódio, polifosfato e TGM. A carne bovina moída foi dividida em Grupo 1 (controle)= sal (2%), Grupo 2= sal (2%) + polifosfato (0,5%) e Grupo 3= sal (2%) + TGM (1,5%). Utilizou-se a enzima TGM da Ajinomoto, (ACTIVA® TG-B) com concentração final de TGM nos hambúrgueres de 1,5%. As análises físico-químicas consistiram na determinação de atividade da água (Aw), de umidade em estufa a 105°C, cálculo do rendimento e perda no processamento dos hambúrgueres. Na análise sensorial, foram utilizados o teste de comparação múltipla para avaliar a preferência quanto ao sabor e aparência, e o teste de aceitação com relação a textura e impressão global. As amostras tratadas com polifosfato apresentaram maior teor de umidade antes e após fritura, embora não tenha sido observada diferença no rendimento entre o controle e os 2 tratamentos. No entanto, o rendimento de tais tratamentos foi superior ao controle, mas sem diferença significativa. A Aw foi maior nos tratamentos com polifosfato e TGM nas amostras cruas, diferença que não ocorreu nas amostras fritas. Sensorialmente, a utilização de TGM em hambúrguer bovino melhorou o sabor, a aparência e a impressão global do produto, da mesma forma que o polifosfato; e tais tratamentos foram considerados melhores que a amostra controle, o que demonstra vantagem na utilização desses aditivos no produto reestruturado. Com relação à textura, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Entretanto, quanto à impressão global, os hambúrgueres com polifosfato e TGM foram considerados de maior qualidade. Desta maneira, a TGM se apresenta como uma alternativa para obtenção de produtos reestruturados crus que podem ser oferecidos sob refrigeração.

PALAVRAS-CHAVE. Transglutaminase, polifosfato, cloreto de sódio, carne bovina, hambúrguer, carne reestruturada.

INTRODUÇÃO

Na indústria de alimentos, cada vez mais são aproveitadas partes menos nobres de determinadas matrizes alimentares na elaboração de novos produtos com valor agregado. Na indústria de carnes, os elevados custos de produção estimulam o estudo e o desenvolvimento de novas tecnologias visando a utilização de todas as partes do animal com objetivo de minimizar as perdas e maximizar o lucro das empresas. Isso inclui a implementação de métodos de reestruturação de carnes com aparas e cortes de baixo valor comercial para melhorar a aparência e textura do novo produto, aumentando com isso o valor de mercado (Kuraishi et al. 1997, Castro-Briones et al. 2009).

Os produtos cárneos reestruturados possuem uma alta demanda devido à facilidade de utilização, menor preço e conveniência. Entretanto, o produto reestruturado cru deve ser conservado congelado (Márquez et al. 2006). Além da estabilidade do produto, a indústria busca produzir carnes reestruturadas que possam competir com músculos íntegros em relação às características sensoriais como aparência, odor, sabor e textura, importantes para aceitação pelo consumidor (Cestari 2007). Dentre as características sensoriais de produtos cárneos reestruturados, ao menos a textura deve se assemelhar à dos cortes íntegros. Para isto, a propriedade funcional mais importante é a de ligação entre os fragmentos da carne (Seideman & Durland 1983). Para alcançar esta ligação, as proteínas na superfície dos fragmentos cárneos devem ser solubilizadas e tais fragmentos são moldados por compressão na forma desejada e unidos em uma só peça (Westphalen et al. 2005). No entanto, carnes reestruturadas são preparadas com baixo teor de sal e fosfatos, havendo menor extração protéica e conseqüentemente menor poder de ligação. Para melhorar a ligação entre os fragmentos e possibilitar a comercialização destes produtos na forma resfriada podem-se utilizar diferentes sistemas ligantes (Seideman & Durland 1983).

Várias alternativas surgem com a proposta de melhorar a estabilidade de produtos reestruturados crus como o uso de aglutinantes como alginatos, caseinatos, farinha de soja (Killic 2003) e o uso de sais como o polifosfato (Muguruma et al, 2003). Entretanto, nos últimos anos, tem sido proposta a utilização de métodos biotecnológicos como o tratamento com enzimas como a Transglutaminase microbiana (TGM) como alternativa para obtenção de produtos reestruturados crus que podem ser oferecidos a temperatura de refrigeração (Marques et al. 2006). A adição de TGM aumenta a textura e a força de gel de carnes e proteínas cárneas em diversos produtos. Este mecanismo pode ser explicado pela ação catalisadora da TGM na reação de acil-transferência entre a γ -carboxiamida dos peptídeos ou resíduos glutamínicos das proteínas e uma amina primária de isopeptídeos de outros aminoácidos. Quando a Transglutaminase utiliza grupos α -amínicos dos resíduos de lisinas ligadas a proteínas como receptores de acil, formam-se ligações cruzadas α -(γ -Glu) Lis intermoleculares e intramoleculares. Essa reação causa a ligação cruzada entre as moléculas de proteína e resulta em mudanças físicas nos alimentos e outros produtos. Sendo assim, a TGM forma moléculas maiores a partir de pequenos substratos proteicos através de ligações cruzadas entre os aminoácidos glutamina e lisina, proporcionando melhora na textura, elasticidade, capacidade de retenção de água, emulsificação, formação de géis, reestruturação, aumento da viscosidade, resistência física e estabilidade térmica, além de elevar o valor nutricional mediante a incorporação de aminoácidos limitantes no material original (Zhu et al. 1995, Ajinomoto 2001, Kuraishi et al. 2001, Ahhmed et al. 2009).

Entre os diferentes produtos cárneos, a TGM parece ser mais eficiente em carne bovina que em carne de ave (Marques et al. 2006). O uso de TGM também possui grande potencial para atuação em outros alimentos de natureza protéica, tais como produtos lácteos, massas e pães, gelatinas etc. Contudo, segundo a Ajinomoto, pioneira na produção da TGM, o atual mercado brasileiro para a enzima tem se restringido ao segmento cárneo (bovinos, aves, suínos e pescado). Diante da carência de dados que demonstrem e avaliem as diferenças e a eficiência da aplicação de TGM frente a outras tecnologias mais tradicionais utilizadas em produtos de carne bovina, o objetivo deste estudo foi comparar as características físico-químicas e sensoriais de ham-

búrgueres de carne bovina elaborados com cloreto de sódio, polifosfato e transglutaminase microbiana (TGM).

MATERIAL E MÉTODOS

Preparo das amostras

Foram utilizados 3 Kg de carne bovina moída (patinho), sem gordura, divididos em três grupos: Grupo 1 (controle)= sal (2%), Grupo 2 = sal (2%) + polifosfato (0,5%) e Grupo 3 = sal (2%) + TGM (1,5%). Utilizou-se a enzima TGM da Ajinomoto (ACTIVA® TG-B) em pó para solução aquosa (1:3, p:v), indicada para aplicação em carnes reestruturadas. A concentração final de TGM na carne foi de 1,5%, concentração máxima sugerida segundo as instruções do fabricante. Da mesma forma, foi adotada a concentração máxima de 0,5% de polifosfato (Brasil, 1998). Os hambúrgueres foram moldados em fôrma de aço inoxidável, embalados com filme de cloreto de polivinila (PVC) transparente e armazenados sob refrigeração, a 5°C por 24 horas. Após o armazenamento, foi realizada a fritura em óleo de soja a uma temperatura que variou entre 150 e 200°C por 4 minutos.

Análises físico-químicas

No laboratório de Controle Físico-Químico de Alimentos da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense foram realizadas, antes (24 horas após a elaboração) e após a fritura dos hambúrgueres, as análises de determinação de atividade de água (A_w) com auxílio do aparelho Paw kit Decagon®, determinação de umidade pelo método de estufa a 105°C segundo descrito pelo LANARA (Brasil, 1981), cálculo do rendimento e perda durante a fritura dos hambúrgueres. O rendimento dos hambúrgueres foi calculado por meio da diferença de massas na pesagem das amostras antes e 24 horas após a aplicação dos tratamentos (rendimento das amostras cruas) e antes dos tratamentos e após a fritura (rendimento das amostras fritas). A perda durante a fritura dos hambúrgueres foi calculada a partir da diferença na pesagem das amostras controle e das tratadas antes e após a fritura.

Análise sensorial

No Laboratório de Análise Sensorial da mesma faculdade, foram realizados, com 32 consumidores, o teste de comparação múltipla para avaliar a preferência quanto ao sabor e aparência, e o teste de aceitação, em escala hedônica, com relação à textura e

impressão global. As amostras fritas foram servidas em pratos descartáveis previamente codificados com números aleatórios de três dígitos, e a amostra referência (controle), com a letra R. Juntamente com as amostras, os consumidores receberam um copo contendo água para o enxague bucal entre as degustações, uma ficha de avaliação de acordo com o teste sensorial e orientação para a avaliação. Para interpretação dos resultados, os valores das escalas das fichas de avaliação foram transformados em valores numéricos, em escala variando de 1 (menos preferida) a 9 (mais preferida) no teste de comparação múltipla, e os resultados do teste de aceitação em escala hedônica variando de 1 (desgostei extremamente) a 9 (desgostei extremamente) (Stone & Sidel 1992).

Análise estatística

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e sensoriais foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado, seguido de teste de média (Tukey), ao nível de 5% de significância por meio dos programas de computação SAS (“Statistical Analytical System”)⁴, Versão 6.04 (Mello et al., 2010) e Graphpad Prism⁵, Versão 5.0 (Nilsson 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-químicas

Com relação à umidade, as amostras tratadas com TGM não apresentaram diferença significativa quando comparadas às amostras controle, demonstrando que a enzima não interferiu significativamente neste parâmetro, quando utilizadas as condições do presente estudo (Tabela 1). Entretanto, as amostras tratadas com polifosfato apresentaram maior teor de umidade antes (70,9%) e após fritura (64,0%) quando comparadas às amostras controle

⁴SAS Institute Inc., Cary, NC.

⁵GraphPad Software Inc., San Diego (U.S.A.).

Tabela 1. Resultados das análises de umidade, perda de umidade e atividade de água (Aw) dos três grupos de amostras de hambúrguer bovino.

Amostra	Umidade (%)		Perda de umidade (%)	Aw	
	Crua	Frita		Crua	Frita
1 - Sal (Controle)	68,6 ^b	61,7 ^b	6,9	0,90 ^b	0,91 ^a
2 - Sal + Polifosfato	70,9 ^a	64,0 ^a	6,9	0,91 ^a	0,90 ^a
3 - Sal + TGM	68,3 ^b	61,6 ^b	6,7	0,92 ^a	0,91 ^a

*Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si em nível de 5% de significância no Teste de Tukey.

e tratadas com TGM. Estes resultados podem ser explicados uma vez que o polifosfato é um aditivo amplamente utilizado para estabilizar as emulsões cárneas mediante a ligação entre a água e a proteína (Aguirre 1999). O mecanismo de ação dos fosfatos sobre a capacidade de retenção de água é duplo - aumentam o pH da carne devido ao afastamento do ponto isoelétrico das proteínas e solubilizam as proteínas musculares (Price & Schweigert, 1994, Lee et al., 1998).

Embora, neste estudo, as amostras tratadas com TGM não tenham apresentado maiores teores de umidade, trabalhos como o de Macari (2007) enfatizam a capacidade da TGM em aumentar a umidade de produtos nos quais é adicionada. Em estudo com embutido à base de tilápia do Nilo, o autor comparou diversas formulações buscando verificar a influência das concentrações de TGM, corante, fécula de mandioca e cloreto de sódio em atributos físico-químicos e sensoriais. A média dos teores de umidade das formulações com TGM (81,51%) foi maior quando comparada com a média para as formulações com fécula de mandioca (80,54%). Contudo, tal resultado pode ser explicado pelo fato do autor ter utilizado diversos ingredientes na composição do produto. Além disso, a matriz alimentar foi diferente do nosso estudo e, segundo Coelho et al. (2007), as proteínas da carne de pescado por si só conferem retenção de umidade por meio da gelificação que ocorre durante o ciclo de cozimento.

Apesar do aumento nos teores de umidade nas amostras em que se utilizou polifosfato (Tabela 1), no presente estudo, não foi observada diferença significativa do rendimento entre o controle e os dois tratamentos utilizados (Tabela 2). Este fato pode ser explicado, pois apesar de apresentar maior quantidade de umidade este aumento não foi suficiente para alterar o rendimento, uma vez que este parâmetro leva em consideração todos os macros e micronutrientes presentes na matriz alimentar e não somente a água (Lopes et al. 2007). No entanto, o rendimento das amostras tratadas com polifosfa-

Tabela 2. Resultados das análises de rendimento e perda após a fritura dos três grupos de amostras de hambúrguer bovino.

Amostra	Rendimento (%)		Perda durante a fritura (%)
	Crua	Frita	
1 - Sal (Controle)	99,38 ^a	73,29 ^a	26,25
2 - Sal + Polifosfato	100,74 ^a	74,00 ^a	26,54
3 - Sal + TGM	103,96 ^a	75,31 ^a	27,56

*Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si em nível de 5% de significância no Teste de Tukey.

to e TGM foi superior, ainda que não significativamente, ao controle tanto quando comparados os rendimentos das amostras cruas quanto das amostras fritas (Tabela 2). O tratamento com TGM, que apresentou maior valor de rendimento das amostras cruas (103,96%) e fritas (75,31%), também foi onde se verificou maior perda durante a fritura (27,56%). Neste experimento, as amostras que apresentaram um percentual menor de rendimento possuíram uma menor perda durante a fritura. Silva et al. (2008) observaram comportamento similar em amostras de linguiça de frango tratadas com polifosfato e também relacionaram o aumento obtido no rendimento com a perda durante a cocção. Tseng et al. (2000) verificaram o efeito de diferentes concentrações de TGM na qualidade de almôndegas de frango com baixo teor de sal e observaram que as amostras tratadas com 0,4 e 1% de TGM apresentaram rendimento significativamente maior que a amostra controle. Levando em consideração que, no presente trabalho, o tratamento com TGM foi o que também apresentou maiores valores de atividade de água, pode-se considerar que o aumento do rendimento, embora não significativo, seja devido ao aumento da água livre da amostra tratada, resultante da ação da TGM. Isto também explicaria a maior perda de água durante a fritura, pois este tipo de água é passível de ser perdido durante processos de preparação de alimentos com temperaturas de cocção e fritura (Anagnostopoulos 1979, Ditchfield 2000). Os valores de atividade de água (*Aw*) das amostras cruas tratadas com TGM e polifosfato foram estatisticamente iguais entre si, porém superiores ao da amostra controle, comprovando as propriedades de retenção de água que essas substâncias apresentam (Price & Schweigert 1994, Lee et al. 1998, Kuraishi et al. 2001). No entanto, nas amostras fritas, não houve diferença significativa entre o controle e os 2 tratamentos utilizados com relação à atividade da água. Esta é a designação do quanto à água está disponível no alimento, também denominada água livre. Classifica-se como água livre a água não ligada que se encontra disponível para reações bioquímicas e crescimento microbiano, estando diretamente relacionada com a perecibilidade dos alimentos (Park et al., 2008). Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que o aumento da água livre nas amostras cruas proveniente do uso de TGM e polifosfato é perdido durante o processo de fritura (Tabela 1). Portanto, a ausência de diferença de *Aw*, nas amostras fritas, ocorreu

provavelmente porque a água não ligada foi liberada durante o processo de fritura dos hambúrgueres, às altas temperaturas, restando somente a água que está quimicamente ligada ao alimento (Lopes et al. 2007).

Outro fato interessante de ser observado é que, embora relatados em outros trabalhos, nem todos os tratamentos utilizados neste estudo interferiram de forma significativa nas características físico-químicas das amostras estudadas. Este fato pode ser explicado, pois, como verificado por Cestari (2007), quando utilizada matéria-prima de boa qualidade e frescor, os efeitos desses tratamentos podem ser minimizados. Dessa forma, parece que esses aditivos apresentam uma aplicação ainda mais eficiente quando a matéria-prima não apresenta um alto grau de frescor, principalmente quando comparado ao controle da mesma.

Análise sensorial

Na análise sensorial, a aparência foi verificada com o teste de comparação múltipla, que não evidenciou diferença entre as amostras tratadas com polifosfato e TGM (Tabela 3). Contudo, estas mesmas amostras foram consideradas melhores que a amostra controle, o que demonstra vantagem na utilização desses aditivos no produto reestruturado.

Segundo Issanchou (1996), a aparência e a textura das carnes são as características mais importantes para o consumidor, e a percepção dessas características depende do indivíduo, do contexto e das circunstâncias na qual a carne interage com o consumidor. Desta forma, a preferência para carne tende a ser afetada por mudanças na aparência, preferencialmente na cor (Rivisk 1994). Em relação à estabilidade da cor, os fosfatos são capazes de quelar metais de transição levando à formação de complexos relativamente solúveis e estáveis podendo inibir a peroxidação lipídica em carne crua ou cozida. Esta atividade quelante pode contribuir para a estabilidade da cor em carne reestruturada devido

Tabela 3. Testes de aceitação e de comparação múltipla dos três grupos de amostras de hambúrguer bovino após a fritura.

Amostra	Comparação múltipla		Teste de aceitação	
	Sabor	Aparência	Textura	Impressão global
1 - Sal (Controle)	5,00 ^a	5,00 ^a	5,91 ^a	5,81 ^a
2 - Sal + Polifosfato	6,18 ^b	7,21 ^b	6,62 ^a	6,62 ^b
3 - Sal + TGM	5,79 ^b	6,50 ^b	6,37 ^a	7,25 ^b

*Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si ao nível de 5% de significância no Teste de Tukey.

a oxidação da mioglobina ser acelerada na presença de radicais livres ou baixo pH (Gray et al., 1996, Rashchi & Finch 2000).

Com relação à TGM, resultado semelhante foi encontrado por Kuraishi et al. (1997) estudando carne reestruturada suína. Os autores utilizaram sal juntamente com TGM para melhorar a força de ligação, e o produto foi considerado adequado para ser consumido na forma grelhada, pois além de não haver desprendimento de partículas no momento do preparo, apresentaram notas significantes quanto aos resultados de aparência na análise sensorial.

A respeito do uso de polifosfato, Baublits et al. (2005) verificaram que a adição de 0,4% de polifosfato (tripolifosfato) apresentou resultado superior nas características de cor quando comparado à concentração de 0,2%, e este polifosfato mostrou melhor performance em relação à cor quando o bife era exposto em bancadas próprias para comercialização do produto.

Além da cor, a preferência para carne tende a ser afetada por mudanças na textura e, em menor extensão, por mudanças no sabor (Rivisk 1994). Quanto ao sabor, não houve diferença significativa entre os tratamentos com polifosfato e TGM neste estudo, entretanto as amostras tratadas com polifosfato e TGM foram consideradas melhores que o grupo controle pelos consumidores. Resultado semelhante foi observado por Cestari (2007) que estudou três cortes de músculo bovino diferentes, tratados com sal, polifosfato e TGM, com três tipos de processamentos. O atributo sabor não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) nem entre músculos nem entre os processamentos, resultado esperado pelo autor que justificou o fato pela matéria prima utilizada ter sido de boa qualidade e frescor.

Entretanto, a melhora no sabor pela adição de TGM é relatada em trabalhos com diferentes matrizes protéicas como no estudo de Gonçalves & Passos (2010) onde produtos reestruturados com filés de polpa de corvina tratados com três concentrações de TGM (0,5, 1,0 e 1,5%) apresentaram melhores parâmetros sensoriais incluindo o sabor. Killic (2003) verificaram o aumento da aceitabilidade nos grupos tratados com TGM em *döner kebab* de frango, prato turco elaborado com pedaços de carne assada num espeto vertical. Em estudo com processamento de presuntos crus e TGM em carne desossada, Costa (2005) obteve, além da ligação desejada no produto, uma boa aceitação sensorial

pelos consumidores principalmente em relação ao sabor e textura do produto.

Com relação à textura, verificada no teste de aceitação, não houve diferença estatística entre os tratamentos na avaliação sensorial. Entretanto, nas amostras tratadas com TGM, alguns consumidores relataram, no espaço das fichas de avaliação reservado para comentários, que os hambúrgueres se apresentavam firmes. Isso pode ser explicado pelo fato da TGM aumentar a textura e a força de formação de gel por meio da ligação entre a glutamina e a lisina, aumentando a rigidez e a elasticidade em produtos cárneos (Ahmed et al. 2009).

Além disso, a TGM associada ao sal afeta às propriedades de textura de carne reestruturada quando comparada a produtos que utilizaram esses dois aditivos separadamente. Em amostras de produto reestruturado de peixes foi observada a importância do sal em promover a solubilização das proteínas miofibrilares durante o processamento. Essa solubilização forma um exsudado que atua tanto como agente de ligação como substrato para as reações cruzadas com a TGM, confirmadas em avaliação do gel SDS-PAGE, melhorando as propriedades de textura dos produtos (Ramírez et al. 2002, Téllez-Luis et al. 2002).

No presente estudo, foi utilizada a concentração de 1,5% de TGM (concentração máxima sugerida pelo fabricante da enzima) com 24 horas de reação. Considerando o fato de que quanto maior a concentração de TGM, maior é a coesão das partículas, isso pode gerar um resultado sensorial negativo, o que pode explicar o relato de alguns consumidores sobre a firmeza dos hambúrgueres do presente estudo, provavelmente devido à alta concentração de TGM usada neste experimento. Além disso, a análise sensorial foi realizada com os hambúrgueres fritos, quando a coesão das partículas é maior do que em produto cru tratado com TGM, pois o calor intensifica a geleificação das proteínas. Em estudo para avaliar o efeito da TGM na textura de gel obtido de carne bovina, Dondero et al. (2006) observaram que todas as amostras tratadas com 0,5% de TGM apresentaram maiores valores de resistência que as amostras controle (sem TGM). Em outro estudo com carnes reestruturadas, Marquez et al. (2006) determinaram a relação entre o tipo de carne, a concentração de TGM e o tempo de reação: com 4 horas de reação e TGM 1%, a estabilidade do produto elaborado com carne bovina foi considerada a melhor e com coesão $> 70\%$. Com o dobro

de tempo (8 horas de reação) e menor concentração de TGM (0,75%), a coesão foi ainda maior (74%). Com mais tempo de reação (12 horas), mas com 1% de TGM, a estabilidade foi excelente, com coesão de 100%. Esta mesma excelente coesão foi observada com 24 horas de reação, mas com concentração menor de TGM (0,75%). Isso demonstra que, se é possível utilizar 24 horas de reação, 0,75% de TGM é suficiente para obter um resultado sensorial satisfatório com relação à coesão.

Outro fato que pode afetar negativamente a textura do produto foi abordado por Ramírez et al. (2002). Em estudo sobre o efeito combinado do sal e da TGM em produto reestruturado de peixe, os autores concluíram que o uso de sal sozinho aumenta a capacidade de retenção de água, mas quando a enzima foi associada em altos teores, houve um efeito negativo na capacidade de retenção de água, sugerindo que o excesso de enzima aumenta as interações proteína-proteína e diminui as interações proteína-água, o que induz a um decréscimo na capacidade de retenção de água. Entretanto, quanto à impressão global dos hambúrgueres do presente estudo, também verificada no teste de aceitação, os grupos tratados com polifosfato e TGM diferiram estatisticamente da amostra controle sendo considerados de maior qualidade. Além disso, os consumidores acrescentaram que os hambúrgueres tratados com TGM estavam saborosos, assim como os tratados com polifosfato, evidenciando melhora nesta característica sensorial. A melhora na impressão global também foi observada por Dimitrakopoulou et al. (2005) em paleta de porco reestruturada com Transglutaminase e sal utilizando concentrações bem menores de enzima (0,075 e 0,15%). O mesmo efeito positivo na impressão global foi verificado por Serrano et al. (2004) em estudo com carne reestruturada adicionada de TGM e nozes.

Outro fato que cabe ressaltar nos resultados deste estudo foi o desprendimento de partículas de carne dos hambúrgueres no momento da fritura dos mesmos tratados somente com sal (amostra controle), o que demonstrou pouca coesão das mesmas. Inclusive, uma observação relacionada com tal fato foi relatada por alguns consumidores nas fichas de avaliação, em espaço reservado para comentários, com as descrições de pouca suculência, sem coesão, pouco macia e friável. Isto reforça a importância do uso de aditivos em produtos reestruturados capazes de melhorar diversas características sensoriais.

CONCLUSÃO

Com relação às características físico-químicas, o uso do polifosfato em hambúrguer de carne bovina parece aumentar a umidade do produto antes e após a fritura, enquanto a TGM parece não interferir de forma tão significativa neste parâmetro, o que demonstra a vantagem na utilização do polifosfato. Apesar disso, o rendimento parece não ser afetado de forma significativa quando utilizados os tratamentos com polifosfato e TGM nas concentrações deste estudo. Todavia, pode-se reconhecer a vantagem do uso da TGM devido aos valores de rendimento serem maiores nas amostras em que a enzima foi utilizada, mesmo de forma não significativa. Desta maneira, a TGM se apresenta como uma alternativa para obtenção de produtos reestruturados crus que podem ser oferecidos sob refrigeração, pois é crescente a procura por produtos mais saudáveis e que contenham menos sais como o polifosfato de sódio.

A propriedade de retenção de água do polifosfato e da TGM pode ser confirmada com os resultados obtidos neste estudo, pois os valores de atividade da água das amostras cruas tratadas com TGM e polifosfato foram maiores em relação ao controle. Contudo, tal fato não foi observado nas amostras fritas, provavelmente, porque o aumento da água livre nas amostras cruas, expresso como atividade da água, foi perdido durante o processo de fritura.

Na análise sensorial, tanto o uso de polifosfato quanto de TGM melhoraram a aparência, o sabor e a impressão global das amostras, demonstrando vantagem na utilização desses aditivos no produto reestruturado, nesses aspectos. Embora não tenha sido evidenciada diferença na textura entre o controle e os tratamentos com polifosfato e TGM, os consumidores relataram aumento da firmeza dos hambúrgueres tratados com TGM, o que pode ser resultado da utilização da concentração máxima de TGM sugerida pelo fabricante. Por isso, sugere-se analisar diferentes concentrações de TGM comparando-as entre si e com o polifosfato para elucidar algumas preferências dos consumidores frente aos tratamentos com diferentes concentrações de TGM.

Como nem todos os tratamentos utilizados interferiram de forma significativa nas características tanto sensoriais quanto físico-químicas às quais o estudo se propôs, pode-se atribuir tal fato à matéria-prima utilizada ter sido de boa qualidade e frescor, o que minimiza os efeitos dos tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre S.E. Ingredientes que aumentan la capacidad de retención de agua en productos cárnicos. *Carnotec*, 8:32-37, 1999.
- Ahmed A.M., Kuroda R., Kawahara S., Ohta K., Nakade K., Aoki T. & Muguruma M. Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking. *Food Chem.*, 112:354-361, 2009.
- Ajinomoto. *Propriedades Bsicas da Transglutaminase*. Empresa Ajinomoto Interamericana Indústria e Com rcio Ltda., São Paulo, 2001. 6p. [Apostila].
- Anagnostopoulos G. Water activity in food. *Nutr. Food Sci.*, 59:6-7, 1979.
- Baublits R.T., Pohlman F.W., Brown A.H. & Johnson Z.B. Effects of sodium chloride, phosphate type and concentration, and pump rate on beef *biceps femoris* quality and sensory characteristics. *Meat Sci.*, 70:205-214, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA). Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. II. Métodos físico-químicos. Brasília, DF, 1981, 123p.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Atribui o de Fun o de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos. Aprovado pela Portaria n  1.004 de 11 de dezembro de 1998, Brasília, DF.
- Castro-Briones M., Calderón G.N., Velazquez G., Rubio M.S., Vázquez M. & Ramírez J.A. Mechanical and functional properties of beef products obtained using microbial transglutaminase with treatments of pre-heating followed by cold binding. *Meat Sci.*, 83:229-238, 2009.
- Cestari A.L. Carne bovina reestruturada com transglutaminase: desenvolvimento e determina es de cor e textura. Disserta o de mestrado em Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2007. 88p. (Disponível em: <<http://www.fea.unicamp.br/alimentarium>>).
- Coelho G.M., Weschenfelder A.V., Meinert E.M., Amboni R.D.M.C & Beirão L.H. Effects of starch properties on textural characteristics of fish burgers: sensory and instrumental approaches. *Bol. Cent. Pesq. Proces. Alim.*, 25:37-50, 2007.
- Costa M.R. *Processamento acelerado de presunto cru com uso de transglutaminase em carne desossada: Perfis sensorial, colorimétrico e de textura em compara o com produtos tradicionais*. Disserta o de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2005. (Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=98>).
- Dimitrakopoulou M.A., Ambrosiadis J.A., Zetou F.K. & Bloukas J.G. Effect of Salt and Transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Meat Sci.*, 70:743-749, 2005.
- Ditchfield C. *Estudo dos métodos para a medida de atividade de gua*. Disserta o de mestrado em Engenharia, rea de concentra o: Engenharia Química. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 195p. (Disponível em: <<http://www.theses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-06112001-090117/pt-br.php>>).
- Dondero M., Figueroa V., Morales X. & Curotto E. Transglutaminase effects on gelation capacity of thermally induced beef protein gels. *Food Chem.*, 99:546-554, 2006.
- Gonçalves A.A. & Passos M.G. Restructured fish product from White Croaker (*Micropogonias furnieri*) mince using microbial transglutaminase. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 53:987-995, 2010.
- Gray J.I., Gomaa E.A. & Buckley D.J. Oxidative quality and shelf-life of meats. *Meat Sci.*, 43:111-113, 1996.
- Issanchou S. Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. In: 42nd International Congress of Meat Science and Technology - *Meat Science*, Lillehammer, Norway, 43:1-6, 1996.
- Killic B. Effect of microbiological transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken doner kebab. *Meat Sci.*, 63:417-421, 2003.
- Kuraishi C., Sakamoto J., Yamazaki K., Susa Y., Kuhara C. & Soeda T. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. *J. Food Sci.*, 62:488-491, 1997.
- Kuraishi C., Yamazaki K. & Susa Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Rev. Int.*, 17:221-246, 2001.
- Lee B.J., Hendrick G. & Cornforth D.P. Effect of sodium phytate, sodium pyrophosphate and sodium tripolyphosphate on physico-chemical characteristics of restructured beef. *Meat Sci.*, 50:273-283, 1998.
- Lopes M.M., Silva L.P., Conte-Junior C.A., Teodoro A.J., Mano S.B., Freitas M.Q., Franco R.M. & Pardi H.S. Aspectos bacteriológicos e físico-químicos da linguiça frescal de frango elaborada com diferentes concentra es de polifosfato de sódio. *Rev. Port. Cienc. Vet.*, 102:331-338, 2007.
- Macari S.M. *Desenvolvimento de formula o de embutido cozido  base de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)*. Disserta o de mestrado em Tecnologia de Alimentos, Pós-Gradua o em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. 122p. (Disponível em: <<http://dominiopublico.qprocura.com.br/dp/55512/desenvolvimento-de-formulacao-de-embutidos-cozidos-a-base-de-tilapia-do-nilo-oreochromis-niloticus.html>>).
- Márquez E., Arévalo E., Barboza Y., Ben tes B., Rangel L. & Archile A. Efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. *Rev. Cent.*, FCV-LUZ, 16:662-667, 2006.
- Mello S.C.R.P., Freitas M.Q., São Clemente S.C., Franco R.M., Nogueira E.B. & Pinto M.D.S.R. Caracteriza o qu mica e bacteriol gica de polpa e surimi obtidos do espinhao residual da filetagem de tilpia. *Cienc. Rur.*, 40:648-653, 2010.
- Muguruma M., Tsuruoka K., Katayama K., Erwanto Y., Kawahara S., Yamauchi K., Sathe S. & Soeda T. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improve chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Sci.*, 63:191-197, 2003.
- Park K.J.B., Park K.J., Cornejo F.E.P. & Dal Fabbro I.M. Considera es termodinmicas das isotermas - Review. *Rev. Bras. Prod. Agroindust.*, 10:83-94, 2008.

- Price J.F. & Schweigert B.S. *Ciencia de la carne y de los productos carnicos*. 2^a ed. Editorial Acribia, Zaragoza, 1994. 581p.
- Ramírez J., Uresti R., Téllez S. & Vázquez M.A. Using salt and microbial transglutaminase as binding agents in restructured fish products resembling hams. *J. Food Sci.*, 67:1778-1784, 2002.
- Rashchi F. & Finch J.A. Polyphosphate: a review. Their chemistry and application with particular reference to mineral processing. *Min. Eng.*, 13:1019-1035, 2000.
- Rivisk E. Sensory properties and preferences. *Meat Science*, 36:67-77, 1994.
- Seideman S.C. & Durland P.R. Restructured red meat products: in review. *J. Food Qual.*, 6:81-101, 1983.
- Serrano A., Cofrades S. & Jiménez Colmenero F. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. *Food Chem.*, 85:423-429, 2004.
- Silva L.P., Lopes M.M., Mano S.B., Mársico E.T., Conte-Júnior C.A., Teodoro A.J. & Guedes W.S. Influência da adição de polifosfato em lingüiça de frango. *Rev. Bras. Ci. Vet.*, 15:50-55, 2008.
- Stone H. & Sidel J.L. *Sensory evaluation practices*. 2nd ed. Academic Press, San Diego, 1992. 308p.
- Téllez-Luis S., Urestis R.M., Ramírez J.A. & Vázquez M. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. *J. Sci. Food Agri.*, 82:953-959, 2002.
- Tseng T.F., Liu D.C. & Chen M.T. Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat balls. *Meat Sci.*, 55:427-31, 2000.
- Westphalen A.D., Briggs J.L. & Lonergan S.M. Influence of pH on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat induced gelation. *Meat Sci.*, 70:293-299, 2005.
- Zhu Y., Rinzema A., Tramper J. & Bol J. Microbial transglutaminase - a review of its production and application in food processing. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 44:277-282, 1995.