

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS**

**USO E AVALIAÇÃO DE TRANSGLUTAMINASE EM
REESTRUTURADO DE PEIXE OBTIDO COM
APARAS DE TILÁPIA (*Oreochromis sp.*).**

JIMENA AMORIM GUIDI SÜHNEL

Florianópolis

2007

JIMENA AMORIM GUIDI SÜHNEL

**USO E AVALIAÇÃO DE TRANSGLUTAMINASE EM
REESTRUTURADO DE PEIXE OBTIDO COM
APARAS DE TILÁPIA (*Oreochromis sp*).**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito total à obtenção do grau de Mestre em Ciências dos Alimentos.

Orientador: Profº PhD. Luiz Henrique Beirão

Florianópolis, SC

2007

À minha família, dedico.

“Tudo tem seu apogeu e seu declínio...É natural que seja assim, todavia, quando tudo parece convergir para o que supomos o nada, eis que a vida ressurge, triunfante e bela!...Novas folhas, novas flores... na infinita benção do recomeço!...”

Francisco Cândido Xavier

AGRADECIMENTOS

Deus, obrigada por tudo...por tudo mesmo!

Aos meus pais Ayser e Sônia, pelo apoio total em todas as horas, principalmente as não tão fáceis... que não foram poucas. Vocês são o meu alicerce e o da minha família.

Ao meu amor, marido, amigo e companheiro Charles pela força constante e a enorme paciência tida nos últimos tempos.

Ao meu filho Enzo, que veio no decorrer deste trabalho, obrigada pela existência.

Aos meus irmãos Janine e Juliano, minhas avós Toli e Eza, sempre presentes em nossas vidas, pelo apoio, compreensão, carinho... Amo vocês.

Ao meu avô Airton e minha avó Jair por tudo que fizeram e continuam a fazer por nós..."Vô, descanse em paz. O pai que diz que quem somos nós para questionar os designos de Deus. Muitas vezes não é fácil aceitar e nem entender...mas fique em paz na espiritualidade. Saudades."

Aos meus cunhados Simone e Pancho, por sempre nos apoiar e incentivar.

Ao Profº Beirão e Profº Pedro Barreto pela oportunidade, inesgotável paciência, compreensão e orientação.

A todos os Professores e Servidores do Departamento, em especial, Edna, Elane, Renata, Marilde, Evanilda, César, Carlão, Sérgio, Bento, que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho. Agradeço de todo coração. Um ombro amigo vale muito.

À amiga Profª Valéria, que é um anjo enviado por Deus em nossas vidas.

Aos amigos Alexandre e Carol, pela ajuda na parte prática. Sem vocês, não conseguiria dar conta do recado sozinha.

Às Empresas Ajinomoto (transglutaminase) em nome de Kelen Bulos; Inquil (farinha de empanar) em nome de Joyce; Coopersulca (tilápia) em nome de Maurício, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

À CAPES, pela bolsa de estudo.

Em especial, a todos os meus amigos do coração. Obrigado por vocês existirem.

SÜHNEL, J. A. G. **Uso e avaliação de transglutaminase em reestruturado de peixe obtido com aparas de tilápia (*Oreochromis sp*)**. 2007. Dissertação (Mestrado), curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RESUMO

Foi desenvolvido um produto reestruturado de carnes provenientes de aparas da filetagem industrial de tilápia (*Oreochromis sp*), com 0,2% de NaCl e 0,25% de tripolifosfato de sódio, utilizando a enzima transglutaminase (Activa TG-B®) com concentrações que variaram de 0,2-0,8% e um controle. Avaliaram-se os produtos cozidos, com relação à perda de água (Uresti *et al.*, 2004) e à textura os produtos crus, por análise instrumental (texturômetro *Stevens LFRA Texture Analyser*) nos atributos firmeza, dureza e coesividade. Verificaram-se a aceitabilidade dos reestruturados (empanados e fritos) com 0,5 e 0,8 % de enzima e também um com aglutinador comercial. A perda de água não apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Os resultados obtidos das propriedades mecânicas de textura mostraram que com o aumento na concentração da enzima, obteve-se maior o efeito na textura, resultando num aumento da firmeza, dureza e coesividade, onde apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em alguns intervalos de concentrações. Na avaliação sensorial, com o Teste de escala hedônica (Teixeira *et al.* 1987) os reestruturados com 0,5% e 0,8% de transglutaminase respectivamente, obtiveram 84,56% e 86,00% de aceitabilidade, e o reestruturado com aglutinador comercial não foi aceito sensorialmente, com 51,33%.

Palavras-chave: Transglutaminase, reestruturado, aceitabilidade

ABSTRACT

A restructured fish product with the filleting cuts meat from tilápia (*Oreochromis sp*), with 0,2% NaCl and 0,25% sodium tripolyphosphate was developed, using the enzyme transglutaminase (Activa TG-B®) with diferents that 0,2-0,8% and a control. Evaluated the crude products, with regard to expressible water (Uresti *et al.* 2004) and texture by the instrumental analysis (texturometer *Stevens LFRA Texture Analyser*) on the firmness, hardness and cohesiveness of cooked products. The acceptability of the restructureds products (covered and fried) was checked, that with 0,5 e 0,8 % enzyme levels and to one with trading binding agent. The expressible water were not significant differences ($p < 0,05$) among the treatment. The results of texture mechanical properties obtained showed that the increase in enzyme levels, obtained the effect of texture higher, resulted in increase firmness, hardness, cohesiveness, where showed significant differences ($p < 0,05$) in some levels spaces. In the sensory evaluation with the hedonic scale test (Teixeira *et al.* 1987), the restructured products with transglutaminase levels 0,5% e 0,8% respectively were acceptability 84,56% e 86,00% and the restructure product with trading binding agent was not obtained acceptability with 51,33%.

Key-word: transglutaminase, restructure, acceptability.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Recursos Pesqueiros	2
2.1.1 Produção de tilápia (<i>Oreochromis sp</i>)	3
2.2 Composição do Peixe	5
2.3 Textura	7
2.3.1 Avaliação Texturial Instrumental	13
2.4 Enzima Transglutaminase	14
2.4.1 Localização/Obtenção da transglutaminase	15
2.4.2 Transglutaminase endógena X Transglutaminase microbiana	16
2.4.3 Características da Transglutaminase	16
2.4.4 Mecanismo de ação da transglutaminase	17
2.4.5 Aplicações/Efeitos da transglutaminase	22
2.4.6 Transglutaminase x NaCl	25
2.4.7 Transglutaminase x Fosfato	26
2.5 Produtos Empanados	27
2.5.1 Batter / Breader	28

2.6 Análise sensorial	29
2.6.1 Teste de Escala Hedônica	30
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO 2 - EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE TRANSGLUTAMINASE EM REESTRUTURADO DE PEIXE OBTIDO DE CARNES RESIDUAIS DE TILÁPIA (<i>Oreochromis sp</i>)	
RESUMO	39
ABSTRACT	40
1 INTRODUÇÃO	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1 Materiais	43
2.2 Elaboração dos Reestruturados	43
2.3 Perda de água	44
2.4 Análise de Textura - Instrumental	44
2.5 Avaliação Sensorial	44
2.6 Análise Estatística	45
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1 Perda de água:	45
3.2 Análise de Textura – Instrumental	47
3.3 Aceitabilidade	49
4 CONCLUSÃO	50
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Classificação das características textura.	10
Tabela 2 - Definição dos parâmetros mecânicos da textura.	11
Tabela 3 - Reação da transglutaminase com algumas proteínas alimentares.	21
Tabela 4 - Produto aplicado e resultado proporcionado pelo uso de Transglutaminase.	24

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Perda de água em produtos reestruturados de tilápia (<i>Oreochromis sp</i>) cozidos com concentrações diferentes de transglutaminase. Classificação das características textura	46
Tabela 2 - Propriedades de textura medidas instrumentalmente através de texturômetro em reestruturados de tilápia (<i>Oreochromis sp</i>) cru .	47
Tabela 3 - Média dos julgamentos e aceitabilidade de reestruturados empanados de Tilápia (<i>Oreochromis sp</i>).	50

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO 1**

Figura 1 - Reações que podem ocorrer durante processamentos dos alimentos	18
Figura 2 - Reações catalizadas pela enzima transglutaminase	19
Figura 3 - Reação de polimerização da proteína	20

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias de processo por parte das indústrias alimentícias têm sido impulsionados principalmente para responder à crescente procura, pelo mercado consumidor, de produtos nutritivos e com aparência próxima aos naturais, práticos e de rápido preparo, mas que tenham também preços acessíveis. (VITALI, 1997).

O acesso a alimentos processados com valor e qualidade protéica adequada às necessidades humanas está se tornando cada vez mais difícil devido a uma série de fatores. Por este motivo, pescados, em geral, são vistos como ótimas fontes alternativas para atender esta demanda, pois são constituídos de proteínas de alto valor biológico e ricos em ácidos graxos polinsaturados, especialmente o eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA), da série ômega-3 (KING, 1973; BADOLATO *et al.*, 1994).

Uma grande barreira para o desenvolvimento da indústria da pesca é, na maioria das vezes, a dificuldade de introduzir no mercado as espécies pouco consumidas, uma vez que não fazem parte do hábito de consumo da população (HAMANN & LANIER, 1987). Hoje, quase todo o pescado é consumido “in natura”, sendo este, fator limitante para algumas espécies que apresentam características sensoriais marcantes, expandir horizontes adquirindo novos consumidores (FAO, 2004a).

A elaboração de novos produtos, através da diversificação e inovação das formas de processamento, dando ao pescado uma imagem mais aceitável pela população, são condições fundamentais para aumentar o consumo deste alimento. Se comparado às outras fontes protéicas de origem animal, como a carne de ave e a vermelha, é pouco consumido devido principalmente à falta de tradição e à falha da indústria processadora em oferecer produtos de conveniência que sejam de fácil preparo e também diversificados (SIKORSKI, 1994; TEIXEIRA, 2000).

O uso de tecnologia no desenvolvimento de produtos, pode significar a sobrevivência, a longo prazo, da indústria da pesca no mercado, aumentando a sua

capacidade de responder, não só à demanda de consumo de produtos diferenciados, mas também à tendência da busca de alimentos saudáveis e com alto valor nutritivo. Aproveitando e agregando valor às matérias-primas não utilizadas na indústria pesqueira (resíduos) e disponibilizando também aos setores mais carentes da população, um alimento de preço acessível, altamente rico em nutrientes, sendo uma grande fonte protéica. (JORGE, 1997).

Com o desenvolvimento e a comercialização da enzima transglutaminase microbiana, que promove ligações entre proteínas, em 1989, começa uma revolução tecnológica na área de alimentos, tanto na pesquisa quanto no setor industrial, onde obteve um salto na inovação e no aprimoramento de produtos e processos (KURAISHI *et al.*, 2001).

A aplicação da enzima transglutaminase possibilita o aproveitamento de matéria-prima não direcionada para a alimentação humana, no desenvolvimento de produtos que adicionem valor ao pescado, com aceitabilidade pelo consumidor; podendo incluir não somente o pescado inteiro, de baixo valor comercial, como carnes de carcaças e sobras do processo de filetagem (SEBBEN, 1998).

Este trabalho teve como objetivo aplicar e avaliar o efeito da transglutaminase em um produto reestruturado de peixe obtido de aparas residuais da filetagem industrial de tilápia (*Oreochromis sp.*).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Recursos Pesqueiros

A crescente e desenfreada exploração dos recursos pesqueiros tem acarretado numa redução de sua disponibilidade. O Brasil, como 27º produtor mundial de pescados, está com uma produção extrativa estagnada em aproximadamente 513.430 toneladas/ano (ICEPA, 2004). Entretanto, com o advento da pesca sustentável e da

aqüicultura, foi possível evitar a extinção e também possibilitou a introdução de várias espécies no mercado (JORGE, 1997).

Os recursos hídricos pesqueiros, por estarem submetidos a variáveis climáticas, sazonalidade, temperatura, qualidade microbiológica da água, entre outros, são fontes de pesca não totalmente controláveis. Já, a aqüicultura mostra-se como uma opção gerenciável desses recursos, uma vez que as condições de cultivo podem ser controladas e atualmente é a responsável pelo crescimento deste setor. Do total de 133,0 milhões de toneladas de pescados produzidos mundialmente em 2002 (captura e aqüicultura), 39,8 milhões de toneladas foram obtidos através da aqüicultura, um equivalente de US\$ 58,2 bilhões (FAO, 2004ab).

Segundo a FAO (2004b), o Brasil apresenta-se com o 4º maior índice de crescimento anual no setor aqüícola, com taxa anual média de crescimento (TAM) 2000–2002 de 18,1%, tendo a produção de 176,5 mil toneladas em 2000 aumentada para 246,2 mil toneladas em 2002, produzindo principalmente camarão (carcinicultura), ostra (malacocultura), mexilhão (mitilicultura) e peixes (piscicultura) de água doce.

Um fator positivo para o cultivo de peixes é sua conversão alimento/peso, que supera os demais animais. Convertem com mais eficiência os alimentos em tecido corporal do que outros animais, por exemplo, a energia requerida para ganho de um grama de proteína do *catfish* é de 21 Kcal, enquanto para o frango é de 43 Kcal e para o gado é de 167 Kcal (LOVELL, 1991).

2.1.1 Produção de tilápia (*Oreochromis sp*)

Estima-se que a produção atual de tilápia no Brasil, um dos principais peixes cultivados no país e o segundo do mundo (JORY *et al.*, 2000), supera 100.000 toneladas/ano; apesar da falta de estatísticas oficiais (KUBITZA & CAMPOS, 2005). Na sua quase totalidade a comercialização é destinada ao mercado interno, basicamente em feiras livres (peixe vivo 28,00%), mercados (peixe limpo, filetado 15,00% e nas propriedades pesque e pague 57,00%) (FAO, 2001).

Em Santa Catarina, a aqüicultura vem se desenvolvendo mais a cada ano, sendo o Estado referência nacional no cultivo de moluscos bivalves e em piscicultura de águas interiores, provocando, assim, mudanças na economia de vários municípios e aumentando a renda de muitos pescadores (KUBITZA & CAMPOS, 2005).

Em 2003, nosso Estado produziu 20.900 toneladas de peixes de água doce, principalmente tilápia (*Oreochromis sp* (ICEPA, 2004). Dados da EPAGRI (2001) mostram que em 2000, foram produzidos pela aqüicultura catarinense 29,8 mil toneladas de pescados (em geral), sendo 17,11 mil toneladas (57,39%) de peixes oriundos da piscicultura de água doce, destes, 5,22 mil toneladas de tilápia (*Oreochromis sp*). Em 2001, o setor aqüícola catarinense alcançou um VPB (valor bruto da produção) de R\$ 47.275.997,00 – 28,10% superior ao do ano 2000 (ICEPA, 2002).

Segundo Barreto (1998) a carpa e a tilápia, podem ser novas fontes de matérias-primas, já que são espécies de água doce de desenvolvimento rápido, fácil cultivo e as espécies de peixes mais cultivadas no Estado de Santa Catarina. E como prova dessa afirmação, cita que algumas empresas, tanto no Estado de Santa Catarina, como do Rio Grande do Sul e do Paraná, já começaram a industrializar espécies de peixes oriundas da aqüicultura, especialmente carpas e tilápias. Essa industrialização é feita principalmente na produção de peixe inteiro, limpo e congelado e filés congelados, não ocorrendo a elaboração de produtos com maior valor agregado.

Barreto (1998) ainda afirma que a indústria pesqueira mundial está tendendo ao desenvolvimento de novos produtos a partir de novas tecnologias, permitindo a elaboração de uma variedade destes, dando assim ao pescado uma imagem mais aceitável pela população, semelhante àqueles elaborados com carne bovina, suína e de frango.

O desperdício de pescado pelas indústrias equivale a 16 bilhões de dólares/ano, enquanto 73 milhões de brasileiros estão subnutridos e 33 milhões passam fome. Somente neste estado, tem aproximadamente 40% de sua produção total desperdiçada. Uma única empresa pesqueira de Santa Catarina, chega a perder até 3.000 toneladas/ano de matéria-prima (JORGE, 1997).

Segundo Marchi (1997), a tilápia (*Oreochromis sp.*) rende em média 33% de filés e 9,5% de carnes remanescentes, sendo as aparas e o músculo residual contido no esqueleto (carcaça) após a filetagem, que é recuperado por processos mecânicos; num rendimento total do peixe chegando até 42,5% da parte comestível. Para Kubitza & Campos (2005), o rendimento médio da tilápia viva em filés fica em torno de 29% e 14% de carnes residuais.

2.2 Composição do Peixe

Do ponto de vista nutricional, o pescado e seus produtos derivados constituem uma importante fonte de proteína de alto valor biológico e de fácil digestão, minerais essenciais como iodo, cobalto, magnésio, zinco e outros, de ácidos graxos polinsaturados e vitaminas lipossolúveis (KRAUSE & MAHAN, 1985).

Do ponto de vista alimentício, considera-se que algumas das propriedades organolépticas tais como textura, comportamento ao cozimento, conservação e perda de sucos da carne no pescado, estão estritamente ligadas à estrutura protéica do músculo e às reações bioquímicas que nele se realizam (HAMM, 1966).

O músculo de pescado é formado por fibras, tecido conjuntivo, tecido lipídico e mioglobina, que é o pigmento responsável pela sua coloração e serve como reserva de oxigênio. Contém cerca de 55 a 78 % de água, 15 a 22 % de proteínas, 1 a 15 % de lipídios (dependendo da espécie de pescado), dos quais 0,3 a 1 % são fosfolipídios, 1 a 2 % de carboidratos, 0,7 % de sais minerais (CHEFTEL, 1988; CHEFTEL *et al.*, 1989).

Estruturalmente, os músculos do pescado apresentam diferenças fundamentais no arranjo e na união do tecido conectivo, se comparado aos mamíferos. A forma e a microanatomia detalhada variam entre as espécies, mas sua estrutura e unidades macromoleculares são comuns (BEIRÃO, 1986).

O tecido muscular é feito de feixes de células, possuindo uma estrutura muito especializada e conhecida como miofibrilas. Os feixes de células são separados por bainhas ou membranas de tecido conjuntivo, constituído de colágeno e elastina. Fortes

ligações entre músculos e os ossos do corpo são formadas por tendões, os quais também consistem de tecido conjuntivo. Cada miofibrila é circundada por uma fina membrana de tecido conjuntivo (o endomisium), que forma uma delicada rede de suporte através do músculo (o perimisium), incluídos nessas membranas estão pequenas artérias, veias e capilares do sistema de circulação do sangue, juntamente com pequenos feixes de fibras nervosas. O epimisium é o tecido conjuntivo que circunda o músculo todo (HOWGATE, 1979, apud BARRETO, 1998).

Das proteínas totais dos músculos de peixes, 40–70% são representadas pelas proteínas miofibrilares. Estas proteínas contêm quantidades importantes de aminoácidos essenciais que contribuem em mais de 70% do aporte protéico da carne (JORGE, 1997).

A miosina representa cerca de 50% das proteínas miofibrilares do pescado e suas propriedades afetam a qualidade e o processamento do músculo (JORGE, 1997). No entanto, a actina, que representa de 15 a 20%, parece ser relativamente estável durante o processamento (BEIRÃO, 1986).

Proteínas como a miosina, que geleificam rapidamente, possuem um alto grau de assimetria em sua estrutura no processamento de alimentos e influem na capacidade de retenção da água (ZIEGLER & ACTION, 1984).

No pescado, as miosinas são menos estáveis que as dos mamíferos (JORGE, 1997). A miosina, quando associada a mudanças deteriorativas, sofre na sua capacidade de formar gel e, conseqüentemente, desenvolve dureza e fibrosidade (BEIRÃO, 1986).

Com referência às proteínas sarcoplasmáticas, foi mostrado que a maioria delas desnaturam-se e formam agregados entre 40-60 °C, sendo a desnaturação da mioglobina a que origina as mudanças da cor na carne durante o cozimento (de vermelho à pardo). (HAMM, 1977; CHEFTEL *et al.*, 1989).

As proteínas do tecido conectivo participam ativamente da formação de gel quando aquecidas em presença de umidade. Essas proteínas, associadas às mudanças deteriorativas, sofrem os mesmos efeitos que as proteínas miofibrilares (BEIRÃO, 1986).

A desnaturação protéica pode ser definida como um processo ou seqüência de processos, nos quais a proteína nativa é modificada na sua estrutura secundária, terciária ou quaternária para um arranjo menos ordenado (ZIEGLER & ACTION, 1984). Ocorre devido, primeiramente, ao inchaço intramolecular e à perda da estrutura protéica, seguida de agregação das moléculas, denominadas associações ou polimerização, resultando em decréscimo da solubilidade, alteração da capacidade de retenção da água e aumento da viscosidade intrínseca (HAMM, 1977; CHEFTEL *et al.*, 1989).

De acordo com Cheftel *et al* (1989), os múltiplos agentes que ocasionam a desnaturação podem ser agrupados em físicos (calor, frio, pressão hidrostática, radiação interfases, absorção água/ar, água/líquidos) e químicos (ácidos e bases, íons metálicos, solventes orgânicos e soluções aquosas). Segundo Hamm (1966 e 1977), desnaturação da proteína pelo calor é seguida pela perda da solubilidade.

Uma propriedade funcional importante das proteínas é chamada geleificação, resultante da agregação das moléculas, formando uma rede ordenada (CHEFTEL *et al.*, 1989). A habilidade de formar gel é uma indicação muito importante das propriedades funcionais e texturais do músculo de peixe. Porém, fatores como espécies, frescor, entre outros, influenciam nas propriedades gelificantes das proteínas do músculo (SHIMIZU *et al.*, 1981; YEAN, 1993).

2.3 Textura

A textura é uma percepção resultante de interações entre os alimentos e seus consumidores. Padrões internacionais definem como “todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície de um produto, perceptíveis por meios mecânicos, táteis e, quando apropriado, por receptores visuais e auditivos (WALTER & HAMANN, 1997).

Esta propriedade é responsável pela aparência do produto, influenciando diretamente sobre a aceitabilidade deste frente ao consumidor (MANGINO, 1984). Szczesniak (1998) afirma que a textura é um importante atributo de aceitação de um produto, e que novos desenvolvimentos se baseiam em características de textura “exigidas” para serem criados.

O mesmo autor (SZCZESNIAK, 2002) define, então, esta característica como “uma manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos detectados pelos sentidos da visão, audição, tato e cinestésicos”, exprimindo importantes conceitos como:

- textura é uma propriedade sensorial;
- é um atributo multiparamétrico;
- deriva da estrutura do alimento;
- detectado por vários sentidos.

Szczesniak *et al* (1963) classificaram os seguintes termos de textura (tabela 1):

- características mecânicas: estão relacionadas à reação do alimento frente à força (dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade, adesividade);
- características geométricas: relacionadas com o tamanho, formato e orientação das partículas dentro do alimento (fibroso, celular, cristalino, granuloso, etc.);
- outras características relacionadas com a percepção de umidade e teor de óleos e gorduras dos alimentos (oleosidade, suculência, etc.).

Ainda Szczesniak *et al* (1963) definiram algumas características mecânicas como (tabela 1):

- dureza: força necessária para se obter uma deformação;
- coesividade: força das ligações internas que dão corpo ao produto;
- elasticidade: grau de deformação com que o material deformado volta ao seu estado original após a força que o deformou ter sido retirada;
- adesividade: trabalho necessário para vencer as forças de atração entre alimento e a superfície de outros materiais os quais o alimento entra em contato, como por exemplo: dentes, palato, língua, etc.;

- fraturabilidade: força com a qual o material fratura. Está relacionada com os parâmetros primários de dureza e coesividade. Nos materiais fraturáveis, a coesividade é baixa e a dureza varia de alta a baixa;
- mastigabilidade: energia necessária para mastigar um alimento sólido até um estado em que possa ser deglutido. A mastigabilidade também está relacionada com os parâmetros primários de dureza, coesividade e elasticidade;
- gomosidade: energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido a um estado que possa ser deglutido. A gomosidade está relacionada com os parâmetros primários de dureza e coesividade.

Tabela 1 - Classificação das características textura

 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

<i>Parâmetros Primários</i>	<i>Parâmetros Secundários</i>	<i>Termos Populares</i>
Dureza		Leve → Firme → Duro
Coesividade	Quebradiço Mastigabilidade Gomosidade	Esmigalha → Moer → Quebra Macio → Mastigável → Rijo Curto → Esfarela → Pasta gomosa
Viscosidade		Fino → Viscoso
Elasticidade		Plástico → Elástico
Adesividade		Pegajoso

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

<i>Classe</i>	<i>Exemplos</i>
Tamanho da partícula e formato	Arenoso, granuloso, áspero (grosso), etc.
Formato da partícula e orientação	Fibroso, celular, cristalino, etc

OUTRAS CARACTERÍSTICAS

<i>Parâmetros primários</i>	<i>Parâmetros secundários</i>	<i>Termos populares</i>
Conteúdo umidade		Seco → úmido → molhado → aguado
Conteúdo gordura	Oleosidade Gorduroso	Oleoso Gorduroso

Fonte: SZCZESNIAK (1963).

Civille & Szczesniak (1973) definiram algumas características mecânicas para alimentos semi-sólidos e sólidos conforme tabela 2.

Tabela 2 - Definição dos parâmetros mecânicos da textura

	FÍSICA	SENSORIAL
<i>Propriedades primárias</i>		
DUREZA	Força necessária para produzir uma deformação.	Força requerida para compressão de uma substância entre os dentes molares (para sólidos) ou entre a língua e o palato (para semi-sólido).
COESIVIDADE	Extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura.	Grau com o qual uma substância é comprimida entre os dentes antes de romper.
VISCOSIDADE	Velocidade de fluxo por unidade de força.	Força requerida para puxar um líquido da colher para a língua.
ELASTICIDADE	Velocidade na qual um material deformando volta à sua condição não deformada, depois que a força de deformação é removida.	Grau com o qual um produto volta a sua forma original, depois da compressão com os dentes.
ADESIVIDADE	Trabalho necessário para vencer as forças atrativas entre alimento e a superfície de outros materiais com os quais o alimento entra em contato.	Força requerida para remover o material que adere na boca (geralmente o palato) durante o processo normal de comer.
<i>Propriedades secundárias</i>		
FRATURABILIDADE	Força com a qual o material se fratura; um produto com alto grau de coesividade.	Força com a qual uma amostra esmigalha, racha ou quebra em pedaços (força com que os pedaços saltam).
MASTIGABILIDADE	Energia requerida para mastigar um alimento até a deglutição; é o produto da dureza x coesividade x elasticidade.	Tempo (segundos) requerido para mastigar uma amostra, a uma velocidade constante de aplicação de força, para reduzi-la a uma consistência adequada para a deglutição.
GOMOSIDADE	Energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para a deglutição; é o produto de baixo grau de dureza x alto grau de coesividade.	Densidade que persiste durante a mastigação; energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido ao ponto ideal para deglutição.

Fonte: CIVILLE & SZCZESNIAK (1973).

Dentre a infinidade de alimentos disponíveis no mercado, a carne e seus derivados são muito ricos em proteínas e propriedades como a textura, possuindo um valor muito alto. É uma das razões que justifica este alimento ser tão explorado na fabricação de produtos processados. O objetivo principal é o de criar um tipo de estrutura que forneça aos produtos características especiais, tais como: géis, emulsões e suspensões (PRICE & SCHWEÍGERT, 1986).

O termo textura segundo Berry (1987), pode referir-se a muitos atributos para qualquer produto cárnico. Em particular, se a carne utilizada é reestruturada há uma interferência muito grande do processo e das características da matéria-prima utilizada nas propriedades de textura. Busca-se sempre o maior valor agregado possível, de modo que este resultado possa ser atingido pelo conjunto da qualidade da matéria-prima do processo.

Szczesniak (1998) afirma que graças ao fato das propriedades texturais influenciarem fortemente a decisão do consumidor, as mesmas vêm sendo muito pesquisadas, e principalmente impulsionar as indústrias e pesquisadores a buscar mecanismos aprimoradores de suas características.

Em seus estudos, Nielsen *et al* (1995) concluíram que a textura pode ser resultado da interação de muitos fatores, dentre eles podem ser citadas as reações físico-químicas e reológicas. Seguro *et al* (1996) observaram que em estruturas terciárias e quaternárias de moléculas de proteínas, ligações e interações como pontes de hidrogênio, dissulfídicas, eletrostáticas e ligações hidrofóbicas de Van der Waal's, geralmente contribuem para a sua manutenção e formação.

Iwami & Yasumoto (1986) chegaram à conclusão de que para melhorar a performance de alguns alimentos, no que diz respeito às propriedades funcionais como textura e nutricionais, as ligações covalentes devem ser reforçadas, garantindo o resultado esperado. A tentativa de aumentar a quantidade de ligações covalentes inter e intramoleculares em produtos a base de carne teria por objetivo a melhoria da textura destes.

Com o intuito de aumentar as propriedades funcionais naturais de textura e nutricionais de um produto cárnico, destacam-se trabalhos de onde surgiram novas descobertas a respeito de proteínas, que se adicionadas a estes produtos, conferem aos mesmos resultados positivos, isto é, agem em conjunto com as proteínas miofibrilares da carne, incrementando suas propriedades (PIETRASIK, 2003; SERRANO *et al.*, 2004; URESTI *et al.*, 2004)

Segundo GIESE (1994) fontes protéicas funcionais e nutricionais podem ter origem animal, vegetal ou microbiana. As proteínas obtidas de fonte animal, que são normalmente utilizadas como ingredientes para incrementar as propriedades funcionais e nutricionais são: ovos, gelatina (colágeno), leite e proteínas de peixe.

2.3.1 Avaliação Texturial Instrumental

Com o estabelecimento da definição dos parâmetros de textura, foi possível o desenvolvimento de unidades instrumentais capazes de traduzir as definições em medidas físicas. Encontram-se vários instrumentos que têm sido utilizados na avaliação de propriedades texturiais de alimentos, podendo citar: gelômetros, viscosímetros, compressímetros, consistômetros, entre muitos outros para caracterização da textura (SZCZESNIAK, 1998).

O princípio mais comum empregado nas medições instrumentais de textura é o de levar uma sonda ao contato com uma amostra. A amostra é deformada e a extensão da deformação e/ou a resistência oferecida pela amostra é registrada e usada como um índice da textura do alimento. A vantagem potencial desses testes inclui a capacidade de expressar os resultados em unidades bem definidas e quantificar os efeitos na variação da amostra e da geometria da sonda e outras condições de teste (temperatura da amostra, pH, tamanho, forma, tempo, etc...), comumente esses instrumentos são chamados de texturômetros (BRENNAM, 1984).

BRENNAM (1984) cita alguns testes aplicados para determinação de parâmetros de textura como:

- teste de perfuração ou penetração: a sonda penetra na amostra e a força necessária para encontrar uma certa profundidade de penetração ou a profundidade de penetração num determinado tempo sob condições definidas é quantificada e usada como um índice de “dureza” ou “firmeza” do alimento;
- teste de compressão: a extensão da compressão encontrada numa leitura específica em um certo tempo ou a leitura requerida para encontrar um determinado grau de compressão é medida e usada como indicador de textura;
- teste de corte: consiste numa lâmina, a qual é forçada contra uma amostra e a força máxima encontrada ou o tempo que leva para cortar uma amostra de tamanho/peso padronizado é medido. Tais medidas são tomadas como representação de “fibrosidade”, “firmeza” ou “consistência” da amostra em teste.

Segundo PONS & FISZMAN (1996), algumas considerações devem ser observadas como o tamanho e forma das amostras; tamanho e forma da unidade de compressão/penetração (sonda); extensão da deformação; velocidade da sonda de compressão/penetração.

2.4 Enzima Transglutaminase

Dentre as inovações existentes na área tecnológica aplicada em alimentos, uma enzima se destaca com a surpreendente perspectiva de incrementar as propriedades de textura em produtos alimentícios e/ou reestruturados, possibilitando nestes a utilização de matéria-prima de custo reduzido: a enzima transglutaminase (ANON, 1996).

A enzima transglutaminase é uma enzima da classe das transferases, sendo (ϵ -glutaminil-peptídeo:amina γ -glutamiltransferase) ou simplesmente TGase [E.C.2.3.2.13]. É uma enzima que pode ser endógena (tecidos animais) ou microbiana (microrganismos), esta também chamada de MTGase, e catalisa a polimerização e a ligação cruzada de proteínas, através da formação de ligações covalentes entre as mesmas (NIELSEN, 1995).

2.4.1 Localização/Obtenção da transglutaminase

Largamente distribuída na natureza, é encontrada no fígado, sangue e tecidos em geral de origem animal (mamíferos), relacionada à coagulação sanguínea em humanos (conhecida como Fator XIII). Também é muito encontrada em músculos de peixes e pode estar presente em microorganismos e plantas (KANAJI *et al.*, 1993; CHRISSTENSEN *et al.*, 1996; PAYNE, 2000b).

As pesquisas com aplicações desta enzima em alimentos começaram com a transglutaminase extraída de peixes e mamíferos (transglutaminase endógena), geralmente do plasma bovino e/ou fígado de porco, sendo extremamente caro e inviável quando se eleva à escala industrial. Entretanto, desenvolveu-se a transglutaminase comercial, de origem microbiana, produzida em grande escala por fermentação em 1989 (PAYNE, 2000a).

Hoje, a enzima transglutaminase microbiana que é comercializada com o nome de Activa TG[®], conhecida também como transglutaminase comercial ou MTgase, pertence à empresa Ajinomoto Co., Inc; é obtida pela fermentação do microorganismo *Streptoverticillium mobaraense* (KURAISHI *et al.*, 2001).

Alguns pesquisadores vêm demonstrando a possível extração e caracterização desta enzima a partir de diferentes microorganismos, como outros da família *Streptoverticillium sp.*, e *Streptomyces sp*; porém os resultados não são conclusivos (ZHU, 1995; TSAI *et al.*, 1996; KURAISHI *et al.*, 2001; TAGUCHI *et al.*, 2002; YI-SIN *et al.*, 2004).

Kuraishi *et al* (2001) afirmaram que a enzima MTgase extraída de alguns microorganismos diferentes do *Streptoverticillium mobaraense*, apresenta a característica semelhante à enzima endógena, na propriedade de dependência do íon Ca²⁺.

Entretanto, TSAI *et al* (1996) utilizaram a MTgase purificada, obtida a partir de *Streptoverticillium ladakanum* ATCC 27441, pelo mesmo princípio de obtenção da

enzima comercial, no processamento de surimi. Concluíram também que a enzima utilizada era Ca^{2+} independente, e sua atividade central foi incrementada por maior número de ligações entre as proteínas existentes, aumentando substancialmente a força de gel do surimi.

2.4.2 Transglutaminase endógena X Transglutaminase microbiana

Autores afirmam que a transglutaminase de origem endógena (plasma bovino, fígado de porco, músculos de peixes, etc...) e microbiana comercializada como Activa TG® (*Streptoverticillium marabaense*) não têm demonstrado diferença na ação e conseqüente efeito quando aplicada nos alimentos. Porém, a transglutaminase endógena é dependente de cálcio (Ca^{2+}) para ocorrer sua ação, diferentemente da transglutaminase comercial, que não depende deste íon como precursor; por essa razão, é facilmente aplicada pelas indústrias de alimentos, pois este não se torna um fator limitante (ANON, 1996; KURAISHI *et al.*, 2001).

2.4.3 Características da Transglutaminase

Com relação a enzima Transglutaminase (MTgase) comercializada pela a Ajinomoto Co., Inc (Activa TG®), têm algumas indicações para sua atividade como faixa de pH entre 4 – 9, sendo ótimo entre 6 e 7; temperatura de 45 °C e 55 °C, com ótimo de 50 °C (PAYNE, 2000ab)

Não há unanimidade na literatura sobre a melhor faixa de pH e temperatura de ativação na aplicação da enzima segundo as pesquisas realizadas. Entretanto, a origem, a forma de obtenção da enzima e o substrato no qual a mesma é empregada, influenciam muito as suas características de atuação. Geralmente a faixa de pH nos produtos/alimentos que a enzima é aplicável varia de 5 - 6,5 e parte do seu processamento é realizado dentro das temperaturas também indicadas (KURAISHI *et al.*, 2001).

Burse (1996) observou que a MTgase é muito versátil, reagindo em uma faixa ampla de pH, que varia de 4 a 9, e em temperatura de 0 a 75 °C.

A ativação da reação enzimática respeita um binômio tempo e temperatura, que são duas grandezas inversamente proporcionais, mas com temperaturas necessariamente superiores a 0 °C; tendo estes parâmetros diferentes conforme o tipo de alimento (sistema) aplicado e as características físicas desejadas no produto (ANON, 1996).

Na etapa de ativação da enzima, é indicada a utilização de temperaturas acima de 0 °C. No processamento de reestruturados moldados, é essencial que a massa cárnea seja mantida em temperaturas baixas, pois, o contrário implicaria em aumento do custo pelo gasto em energia para posteriormente reduzir a temperatura; um aumento no tempo de processo e o conseqüente risco microbiológico por ser matéria-prima altamente perecível (AKAMITTATH & BALL, 1992; DIMITRAKOPOULOU, 2005).

Kuraishi *et al* (2001) apresentaram este tempo de ativação como período de incubação, sendo este um fator influenciável da qualidade percebida dos alimentos, principalmente no reflexo da força de gel.

Alguns autores citaram em seus estudos que o tempo de ativação da transglutaminase microbiana é de 120 minutos a 5°C, para carne suína em cubos; enquanto outros afirmam que o tempo de ativação é de 90 minutos a 37 °C para o mesmo tipo de matéria-prima (NIELSEN, 1995; KURAISHI *et al.*, 1997). Em ambos estudos, os resultados foram positivos nas melhorias das propriedades texturiais, sugerindo, que o binômio de tempo e temperatura deve ser estabelecido de acordo com as necessidades de ativação da enzima utilizada, do tipo de produto a ser processado e também do resultado desejado.

A presença de Ca^{2+} também é uma condição que deve ser observada para um bom desempenho da enzima de origem endógena (KURAISHI *et al.*, 1997).

2.4.4 Mecanismo de ação da transglutaminase

Segundo Gerrard (2002), ligações *crosslinks* ocorrem inter e entre proteínas, e são vitais para manutenção da conformação correta de certas proteínas. No processamento de alimentos em geral, em algum momento, pode envolver

temperaturas elevadas, pH extremos e enzimas não controladas. Cada condição produz mudanças substanciais nas estruturas protéicas e podem ocorrer efeitos profundos nas propriedades funcionais e nutricionais dos produtos alimentícios.

Ainda Gerrard (2002), apresentou em seu trabalho (figura 1) as várias ligações “crosslinks” conhecidas que ocorrem nos alimentos.

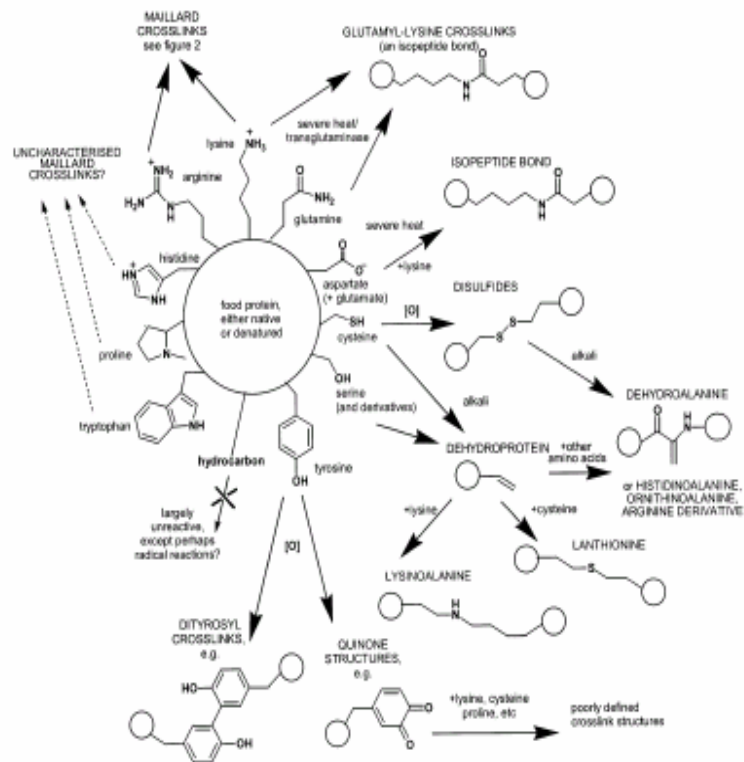
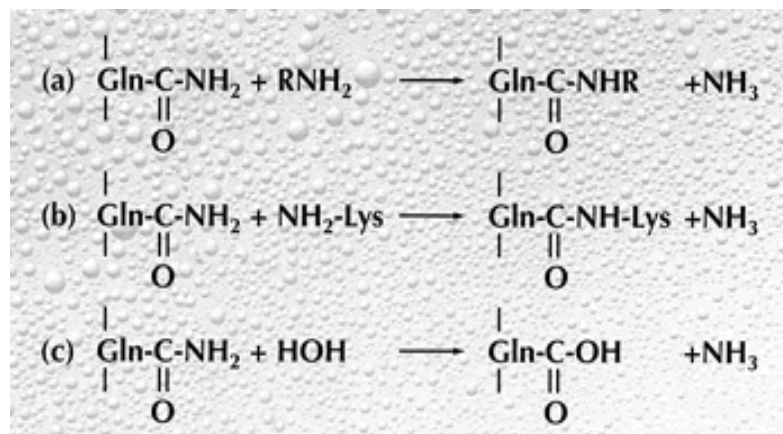


Figura 1: Reações que podem ocorrer durante processamentos dos alimentos.

Fonte: GERRARD, 2002.

A Transglutaminase pode ser basicamente responsabilizada por três reações (Figura 2):

- 1) catálise da reação de acil-transferência, pelo deslocamento dos grupos γ -carboxiamida dos resíduos glutamínicos ligados em proteínas, disponibilizando lisina às mesmas (ANON, 1996). Essa reação pode ser usada para introduzir lisina às proteínas, melhorando assim o desempenho das proteínas (melhoramento nutricional) (PAYNE, 2000b).
- 2) Reação dos grupos ϵ -amínicos dos resíduos de lisina, formando ligações cruzadas ϵ -(γ -Glu)Lys inter e intramoleculares entre as proteínas presentes no meio da reação (ANON, 1996). Essa reação causa a ligação cruzada das moléculas de proteína e resulta em mudanças físicas de alimentos e outros produtos, levando a ligação de pedaços dessas matérias. Até agora a maioria das enzimas industriais, como amilases e proteases, quebram o substrato em pequenos compostos. Entretanto, a transglutaminase é um tipo diferente de enzima, que cria moléculas maiores a partir de pequenos substratos protéicos, através da reação de ligação cruzada (PAYNE, 2000b).
- 3) Com a utilização de todas as aminas primárias, a água presente no meio participa da reação, receptora acil, com os resíduos sendo deaminados (PAYNE, 2000b).



- (a) reação de acil transferência
 (b) reação “Cross-linking”
 (c) Deamidação

Figura 2: Reações catalizadas pela enzima transglutaminase

Fonte: KURAISHI *et al.*, 2001.

Conforme Camargo (1999), a reação da transglutaminase (figura 3) foi interpretada por Folk & Cole (1966) como sendo o resultado da união entre o grupo ϵ -amino de lisil-dipeptídeo com γ -glutaminil, formando uma rede protéica [ϵ -(glutaminil)-lisina], responsável pelas novas características funcionais incrementadas pela proteína nos alimentos.

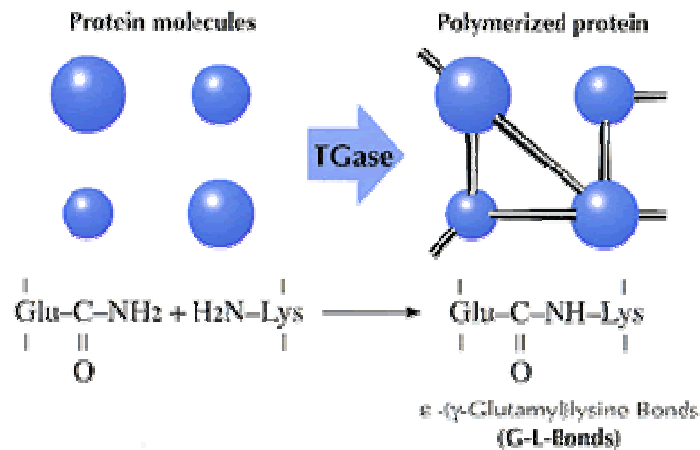


Figura 3: Reação de polimerização da proteína

Fonte : AJINOMOTO Europe Sales GmbH, 2004

Kuraishi *et al* (1997) investigaram a distribuição das ligações ϵ -(γ -glutaminil)-lisina em diversos alimentos, e em alguns destes foram encontrados níveis altíssimos desta ligação. Em produtos cárneos e de peixes processados foram encontrados níveis mais altos das ligações do que em suas matérias-primas de origem, fato que comprova a ação da enzima em contato com a proteína durante o processamento (tabela 3).

Albuquerque (2002) afirma que esta enzima catalisa a reação de transferência do grupo acil dos resíduos glutamínicos das aminas primárias do grupo γ -carboxiamida dos peptídeos. Quando a MTGase atua nas moléculas protéicas, ocorre um entrecruzamento e conseqüentemente, a polimerização dessas moléculas através dos enlaces peptídicos ϵ -(γ -glutamil)lisil ou ϵ -(γ -Glu)Lis. Este entrecruzamento ocasiona alterações nas propriedades físicas dos sistemas alimentícios ricos em proteínas (tabela 3).

Tabela 3 - Reação da transglutaminase com algumas proteínas alimentares.

<i>PROTEÍNA</i>	<i>REATIVIDADE</i>
LEITE	
Caseína	Reação excelente
Na-caseinato	Reação excelente
α -Lactalbumina	Reação dependente de condições
β -Lactoglobulina	Reação dependente de condições
OVOS	
Ovoalbumina	Reação dependente de condições
Proteína da gema	Reage bem
CARNES	
Mioglobina	Reação dependente de condições
Colágeno	Reage bem
Gelatina	Reage muito bem
Miofibrila: miosina	Reage muito bem
Miofibrila: actina	Reação pobre
SOJA	
11S globulina	Reage muito bem
17S globulina	Reage muito bem
TRIGO	
Gliadina	Reage bem
Glutenina	Reage bem

Fonte: Payne, 2000b.

A grande reatividade existente entre a transglutaminase e a miosina leva à formação de fortes ligações covalentes inter e intramoleculares (ligações G-L) entre a glutamina e os resíduos de lisina nas proteínas de carne (ANON, 1996).

Seguro *et al* (1995) estudaram a polimerização da miosina de peixe e a extensão de formação de ligações cruzadas (“crosslinks”) covalentes em surimis e observaram que uma amostra controle sem a enzima apresentou resultados inferiores na força do gel, indicando que a amostra com MTgase, que apresentou resultados positivos, possuía uma taxa diferente de miosina polimerizada em relação à amostra controle.

2.4.5 Aplicações/Efeitos da transglutaminase

O uso desta enzima nos alimentos proporciona alterações nas propriedades físicas dos mesmos, como por exemplo: capacidade de geleificação, força do gel, viscosidade, estabilidade térmica e capacidade de retenção de água. Estas mudanças vêm de encontro às necessidades exigidas pelo mercado consumidor, que cada vez mais têm procura por produtos de melhor qualidade, principalmente na questão sensorial (textura) (KURAISHI *et al.*, 2001).

Outro efeito da transglutaminase é na reestruturação de alimentos, promovendo grande capacidade de melhorar as propriedades físicas destes, tendo assim, aumentado consideravelmente a qualidade e conseqüentemente o valor agregado dos produtos nos quais é empregada, com a possibilidade de inovação no mercado (KIM *et al.*, 1993; ANON, 1996).

Stryker & Lanier (1997) afirmam que a transglutaminase pode ser utilizada para promover ligações entre proteínas, afetando a geleificação e, por esta razão, possibilita ampla utilização também em carnes/pescados reestruturados incrementando a força do gel proveniente de matéria-prima triturada.

Bursey (1996) e Albuquerque (2002) descrevem que a enzima utiliza grupos ϵ -amínicos dos resíduos de lisina como receptores de acil, formando ligações cruzadas inter e intramoleculares em proteínas, criando moléculas maiores a partir de pequenos substratos protéicos. Essa reação resulta em modificações nas propriedades físicas dos alimentos, as quais proporcionam a texturização e/ou reestrutururação de produtos cárnicos, pescados, lácteos e etc..., a formação de polímeros e géis protéicos, além de

e elevar o valor nutricional (GERRARD, 2002) mediante a incorporação de aminoácidos limitantes no material original.

Segundo Bursey (1996), a enzima MTGase tem por princípio catalisar a polimerização da miosina, principal proteína miofibrilar da carne, e outras proteínas presentes no processo, levando a um aumento na capacidade de formação de gel, promovendo a estabilidade das emulsões e uma superior capacidade de ligação (“binding”). Isto garantirá maior capacidade de retenção de água, que é traduzida em uma textura mais firme, succulenta e com melhor sabor de carne processada.

Zhu *et al* (1995) complementaram que a MTGase tem sido utilizada para catalisar as ligações entre as proteínas como as de soro de leite, de soja, glúten, miosina e actomiosina, proporcionando a modificação das proteínas de alimentos pela enzima pode levar a uma alteração da textura nos produtos onde é empregada.

A utilização da transglutaminase tem sido também largamente difundida em pesquisas com peixes. Testes mostraram que o plasma protéico bovino enriquecido com transglutaminase e adicionado ao surimi, incrementa a geleificação do produto, melhorando a sua textura e inibindo a sua proteólise (SEYMOUR *et al.*, 1997).

Joseph *et al* (1994) monitoraram as propriedades reológicas da actomiosina em duas espécies de peixes (*Alask pollock*, *Atlantic croacker*) adicionando transglutaminase endógena (originada de fígado de porco). Perceberam um aumento significativo de geleificação e aumento na proporção de cadeias de miosina polimerizadas. Entretanto, o efeito da enzima depende das características das cadeias de proteína de cada substrato, pois o desempenho foi diferente para cada espécie.

Já se encontra uma enorme aplicabilidade da enzima nos produtos alimentícios, como mostram as pesquisas (Tabela 4). Os estudos nesta área não param de crescer, visto que os resultados até então obtidos são, de certa forma, revolucionários no setor de tecnologia de alimentos.

Tabela 4 - Produto aplicado e resultado proporcionado pelo uso de Transglutaminase.

PRODUTO	RESULTADO
LÁCTEOS	
iogurte, sorvete, queijo, cremes, sobremesas, biofilmes etc...	melhorar textura, evitar sinerese, desenvolver produtos e utilizar matérias-primas de baixo valor ou não aproveitadas, etc...;
CÁRNEOS	
embutidos e reestruturados, biofilmes;	melhorar textura, evitar sinerese, desenvolver produtos e utilizar matérias-primas de baixo valor ou não aproveitadas, etc...;
PESCADOS	
reestruturados, produtos inovadores	Melhorar propriedades texturiais do gel em surimi e desenvolver produtos reestruturados e inovadores, como os já existentes na indústria cárnea (embutidos: salsicha, hambúrguer, etc...);
SOJA	
Tofu, patês, produtos inovadores;	Melhorar propriedades físicas (texturiais), aumentar <i>shelflife</i> e desenvolver produtos de soja similares aos cárneos etc...;
TRIGO	
Macarrão, pães, bolos, massas em geral;	Melhorar propriedades físicas (texturiais, reológicas e etc...);

Fonte: Payne, 2000ab adaptado.

2.4.6 Transglutaminase x NaCl

Sal é adicionado em produtos cárnicos/carne para ter efeitos no flavor, preservação, segurança, características texturiais e aceitabilidade do consumidor. Tradicionalmente, o NaCl (cloreto de sódio também chamado de sal de cozinha) tem sido usado nos produtos cárnicos reestruturados para ligar pedaços de carne junto com o tratamento térmico, pois leva a solubilização das proteínas miofibrilares e já se tem o conhecimento de que este exudato serve como agente de ligação entre os pedaços de carnes (HUFFMAN *et al.*, 1981; COON *et al.*, 1983).

A diminuição no nível de sal tem um efeito negativo na extratibilidade e solubilidade da proteína e conseqüentemente nas propriedades mecânicas. A proteína solubilizada e extraída durante o massageamento também serve como um substrato para as reações “crosslink” proporcionadas pela MTgase. Os resultados obtidos mostraram que a enzima requereu a adição de sal na pasta de peixe para melhorar as propriedades mecânicas (DIMITRAKOPOULOU, 2005).

Elevada concentração de sal têm-se elevada concentração de umidade nos produtos reestruturados. Sal (NaCl) é adicionado em produtos cárnicos para melhorar sua ligação e capacidade de retenção de água. Íons cloreto tende a penetrar nos miofilamentos causando neles intumescimento (inchaço). Íons sódio formam um íon “nuvem” em volta destes filamentos o qual induz a um aumento da pressão osmótica dentro das miofibrilas e causa rede filamentosa inchada (OFFER & KNIGHT, 1983 apud DIMITRAKOPOULOU, 2005).

Kütemeyer *et al* (2005) afirmam que a adição de NaCl, que é um sal químico composto com íon monovalente, aumenta a atividade enzimática e estabilidade térmica da transglutaminase, quando em solução, ao contrário dos sais de íons divalentes, que tiveram pouca influencia ou diminuíram estas propriedades da enzima.

KURASHI *et al* (1997) observaram que a presença de NaCl agiu positivamente em produtos onde foi empregada MTgase, apresentando melhor efetividade nas ligações (“binding”) de proteínas.

Wan *et al* (1992) relataram que a adição de NaCl resulta no aumento da resistência do gel cru e cozido de surimi e no efeito sinérgico e positivo na atividade da MTgase. Kütemeyer *et al* (2005) confirmaram estes resultados em seu trabalho e afirmaram que a adição de íons monovalentes aumenta a atividade enzimática e a estabilidade térmica da transglutaminase microbiana

2.4.7 Transglutaminase x Fosfato

As propriedades funcionais dos fosfatos utilizados no processamento de alimentos incluem: ação tamponante, reações com proteínas, amido e pectina, estabilização de emulsões, hidratação e ligação de água, ação preservativa, ação dispersiva (KRIGSMAN, 1985).

A utilização de tripolifosfato de sódio em produtos cárnicos aumenta sua capacidade de retenção de água, suculência, previne o desenvolvimento de reações oxidativas que levam a rancidez, e podem ainda ter um efeito antimicrobiano, de acordo com diversos autores citados por Kulshrestha & Rhee (1996).

Concentrações de 0,25 a 0,5% de polifosfatos, normalmente em conjunto com sal, proporciona muitos benefícios, incluindo maior uniformidade nos produtos, com melhoria na cor, textura e manutenção de suas qualidades. A perda por gotejamento em produtos descongelados pode ser significativamente reduzida. Perdas durante a cocção são minimizadas, com retenção de nutrientes e melhoria nas qualidades sensoriais (KRIGSMAN, 1985).

Hamm (1972) apud Dimitrakopoulou *et al* (2005a) substituiu parcialmente o NaCl por outros agentes de ligação para manter e/ou melhorar as propriedades físicas dos alimentos. Foi com o uso de fosfato em produtos com baixa concentração de sal, em torno de 1,5%, que se melhor alcançou uma boa ligação com a água. (KNIPE *et al.*, 1985).

Müller (1989) verificou que em produtos cárnicos cozidos e curados onde fosfatos foram combinados com NaCl 2,0-2,5%, apresentaram melhora notável na coezão das fatias e no rendimento.

Nielsen *et al* (1995) estudaram também o impacto do sal e de fosfato na atividade enzimática da transglutaminase, com relação à textura de reestruturados cárnicos. Observaram que, tanto o sal, quanto o fosfato, colaboraram para o aumento de propriedades de ligação (“binding”) entre proteínas, e que os parâmetros de textura foram incrementados com níveis de sal de 2 a 4% e fosfato de 0,2% nos produtos testados.

Trabalhos que envolveram a utilização da transglutaminase em géis e produtos reestruturados de pescados, apresentaram uma etapa de compactação da massa, na ativação enzimática, durante o processamento. Os resultados destes, demonstraram que a ação mecânica positiva desta força física, exercida sobre as massas cárneas testadas, fortaleceu e colaborou para a formação das ligações intermoleculares, melhorando muito as propriedades mecânicas dos géis e produtos formados (BORDERÍAS *et al.*, 1997; FERNÁNDEZ-MARTIN *et al.*, 1998; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2002; URESTI *et al.*, 2004; MONTERO *et al.*, 2005; URESTI *et al.*, 2006).

2.5 Produtos Empanados

Atualmente, pode-se afirmar, que vários produtos alimentícios na forma de empanados, já estão inseridos na cultura alimentar de grande parte da população mundial. Em supermercados e restaurantes encontram-se empanados de carnes vermelhas e de aves, vegetais, frutas, queijos e peixes (ANON, 1996; SUDERMAN, 1983).

Suderman (1983) justificou a importância da utilização deste tipo de tecnologia. Segundo ele, produtos empanados podem proporcionar propriedades muito importantes como: sabor, textura (crocância), cor, "flavor", e aparência. Para esta última propriedade, vale ressaltar que o empanamento é capaz de fazer uma

maquiagem na aparência do produto, isto é, mesmo que internamente produtos de carne não estejam agregados, por exemplo, um empanamento coeso e aderido superficialmente garante a integridade do produto.

Para esclarecer o que o empanado pode fazer pela aparência de um produto é importante conhecer a definição de duas palavras: "batter" e "breeding". Um produto empanado é, portanto aquele que faz uso do "batter" e do "breeding" em sua formulação, necessariamente sobre sua superfície (SUDERMAN, 1983).

2.5.1 *Batter / Breader*

A operação de empanar compreende duas etapas. Na primeira fase, o produto porcionado se submete a uma imersão, a fim de adicionar o *batter*. De forma geral, é uma mistura de farinhas, amidos e temperos, misturados com água, formando um líquido viscoso de forma a cobrir uniformemente as porções. Muitas vezes quando se quer evitar a formação de uma mistura compacta no produto, resultado da adição de sal, este é adicionado somente no *batter*. A temperatura ideal deste, principalmente quando as porções são congeladas, não devem exceder a 5 °C, a fim de evitar o descongelamento do produto e manter uma viscosidade constante. (HURNI & LOEWE, 1990).

As funções do *batter* são realçadas quando este, precedido pelo *predust*, que consiste em envolver as porções, antes de aplicar o *batter*, por uma fina camada de ingredientes com propriedades funcionais específicas. Uma vez que o produto está coberto pelo *batter*, procede-se empaná-lo (*breeding*). Este consiste numa camada de farinha de rosca ou similar que se adiciona na superfície do produto (HURNI & LOEWE, 1990).

A operação do *breeding* mecanicamente consiste em passar o produto que previamente foi submetido ao *batter* por uma pulverização de farinha de rosca sobre a superfície superior do produto, enquanto que a superfície inferior e laterais são espanadas ao passar primeiro por um leito de farinha de rosca e posteriormente por um sistema de cilindros que uniformizam e retiram o excesso, o qual é recirculado

novamente para formar outro colchão e manter a ducha que empana na parte superior (HURNI & LOEWE, 1990).

A forma e a ordem de adição dos *batters* e *breadings* vão atender a necessidade exigida pelo consumidor. Isto é, o enfoque pode ser direcionado a um produto extremamente crocante, ou a um produto com sabor característico. Definida a abordagem, decide-se qual tipo de processo de empanamento será adotado: “1 *batter* + 1 *breadcrumb*, 2 *batters* + 1 *breadcrumb*, 2 *batters* + 2 *breadings* (SUDERMAN, 1983; HURNI & LOEWE, 1990).

2.6 Análise sensorial

A avaliação sensorial é uma ciência multidisciplinar, através da qual pode-se evocar, medir, analisar e interpretar as características sensoriais de alimentos e outros materiais, com o auxílio dos órgãos dos sentidos da visão, olfato, tato, paladar e audição (TEIXEIRA et al., 1987; FARIA e YOTSUYANAGI, 2002).

No Brasil, iniciou-se em 1954, nos laboratórios de degustação do Instituto Agrônomo de Campinas, devido à necessidade de classificar a qualidade do café brasileiro, na Europa é uma prática milenar nas indústrias de bebidas (cerveja, vinho e destilados) e nos Estados Unidos da América, desenvolveu-se devido à necessidade de se obter produtos de alta qualidade, porém que não fossem rejeitados pelos soldados americanos durante a Segunda Guerra Mundial (TEIXEIRA, 2002).

A análise sensorial é um campo muito importante na Indústria de Alimentos, uma vez que pode auxiliar no desenvolvimento de novos produtos, na determinação da aceitabilidade e alteração da qualidade de um alimento, por exemplo, quando submetido à ação de um aditivo químico, informando se o consumidor aceitará ou não o produto (MORAES, 1988; TEIXEIRA 2000).

Como não existe nenhum outro instrumento que possa reproduzir ou substituir exatamente a resposta humana, a análise sensorial torna-se essencial em qualquer

estudo sobre alimentos (WATTS *et al.*, 1992). A palavra sensorial é derivada do latim *sensus* que significa sentido (ANZALDÚA-MORALES, 1994).

2.6.1 Teste de Escala Hedônica

È um método altamente subjetivo e se refere aos estados psicológicos, conscientes de sensações de prazer e desprazer, cuja interpretação é feita através de uma escala de valores (TEIXEIRA, 2000) e estabelece uma série de categorias sucessivas de resposta, em termos de “gostar” e “não gostar”. Pode ser usado por degustadores pouco experientes, sendo igualmente útil para avaliar a aceitação dos consumidores (TEIXEIRA *et al.*, 1987).

Essa forma de análise tem sido usada em teste laboratoriais, com o objetivo de obter informações sobre a provável aceitação de determinado produto pelos consumidores, como guia para trabalhos posteriores, nas fases iniciais do desenvolvimento de novos produtos, para determinar a aceitação ótima, em termos da variação do número de ingredientes, modificações na formulação ou alteração no processamento (TEIXEIRA, 2000).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANON. TGase: Transglutaminase and applications. In: **Ajinomoto Corporation Folder**, 1996.
- AKAMITTATH, J. G.; BALL, H. R. Jr. Transglutaminase mediated polymerization of crude actomyosin refined from mechanically deboned poultry meat. **Journal of Foods**. v. 3, n.1, 1992.
- ALBUQUERQUE, P. M. **Produção e purificação parcial da enzima transglutaminase de origem microbiana**, 2002. Universidade Federal do Rio Grande de Sul - Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.seberi.Propesq.ufrgs.br/cdsalao2000/salao00/ca00.html>>. Acesso em: 24/out./2002.
- ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, S. A., p. 45, 60-61, 1994.
- BADOLATO, E. S. G.; CARVALHO, J. B. de; AMARAL MELLO, M. R. P.; TAVARES, M.; CAMPOS, N. C.; AUED-PIMENTEL, S.; MORAIS, C. DE. Composição centesimal, de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 27-35, 1994.
- BARRETO, P. L. M. **Estudo histológico, termodinâmico, e textural de surimi obtido de carcaças residuais da filetagem industrial de tilápias (*Oreochromys sp.*) e de sistemas surimi/amido e surimi/amido/carragena**, 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis.
- BEIRÃO, L. H. **Proteolytic digestions of fish flesh during processing with particular reference to minced fish**, 1986. PH D theses – Department of Biocience and Biotechnology, Food Science Department, University of Strachclyde - Aberdeen, Scotland.
- BERRY, B. W. Texture in Restructured Meats. In: PERSON, A.M. & DUTSON, T.R. **Restructured meat and poultry products: advances in meat research**. Avi Book, v.3, 1987.
- BORDERÍAS, A. J.; PÉREZ-MATEOS, M.; SOLAS, M. Frozen storage of high-pressure and heat-induced gels of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) muscle: rheological, chemical and ultrastructure studies. **Zeitschrift fur Lebensmittel – Untersuchung und – Forschung A**, p. 235-242, 1997.
- BRENNAM, J. G. Texture perception and measurement. In (PIGGOT, J. R. (ed)). **Sensory analysis of foods**. London: Elsevier, 1984.
- BURSEY, R. G. Transglutaminase – A Crosslinking Enzyme for Meat and Poultry. In: **Ajinomoto USA, Inc.**, 1996.

CAMARGO, P. J. C. C. de. **Influência da transglutaminase (ACTIVA®TG-B) e de Parâmetros de processo na textura de um reestruturado empanado de carne de peru.** Campinas, 1999. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas – Campinas, São Paulo.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, C. H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos.** Zaragoza: Editora Acribia, 1988, p. 333.

CHEFTEL, J. L., CUQ, J. L., LORIENT, D. **Proteínas alimentarias: Bioquímica. Propriedades funcionales. Valor Nutritivo. Modificaciones químicas.** Zaragoza: Acribia, 1989.

CIVILLE, G. V., SZCZESNIAK, L. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, v. 4, p. 204-223, 1973.

COON, F. P.; CALKINS, C. R.; MANDIGO, R. W. Pré- and post- rigor sectioned and formed beef steaks manufactured with different salt levels, mixing times and tempering times. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1731-1734, 1983.

CRISTENSEN, B. M.; SORENSEN, E. S.; HOJRUP, P.; PETEERSEN, T. E.; RASMUSSEN, L. K. Localization of potencial transglutaminase cross-linking sites in bovine caseins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v. 44, 1996.

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 Science**, v. 70, p. 743-749, 2005.

EPAGRI. **A evolução da Aqüicultura no Estado de Santa Catarina-Brasil.** 2001. Disponível em: <http://www.acaq.org.br/indicadores/evolucao_aquic_sc.doc>. Acesso em 20/ago. 2003.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Examen mundial de la pesca y la acuicultura : El estados de los recursos pesqueros: tendencias de la producción, aprovechamiento y comercio.** Departamento de pesca de la FAO. Roma p. 3-67. 2004.

FAO. **Overview of fish production, utilization, consumption and trade 2004 - based on 2002 data by Stefania Vannuccini.** 2004.

FAO. **Resumen informativo sobre la pesca por Paises.** 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/fi/fcp/es/BRA/profile.htm>>. Acesso em:19/ago. 2003

FARIA, E. V. de; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial.** Campinas: ITAL/LAFISE, 2002.

FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; PÉREZ-MATEOS, M.; SOLAS, M.; MONTERO, P. Effect of pressure/heat combinations on blue whiting (*Micromesistius poutassou*) washed mince: thermal and mechanical properties. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, n. 46, p. 3257-3264, 1998.

GERRARD, J. A. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. **Food Science & Technology**, n. 13, p. 391–399, 2002.

GIESE, J. Protein and Ingredients: types, functions, applications. **Food Technology**. v.10, 1994.

HAMM, R. Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing. **Applied Science Publishers**. London, p. 101-134, 1977.

HAMM, R. Heating of muscle systems. In: _____, **Response to physical and chemical treatment**. Meison: University of Wisconsin Press, 1966.

HUFFMAN, D. L.; LY, A. M.; CORDRAY, J. C. Effect of salt concentration on quality of restructured pork chops. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1563-1565, 1981.

HURNI, R. J. & LOEWE, R. Batters and Breadings – The presents and the Future Market. **Batter and Breading in Food Processing**. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, 1990

ICEPA/SC. **Síntese anual da agricultura de santa catarina 2003 – 2004: desempenho da pesca e aquicultura**, 2004.

ICEPA/SC. **Desempenho da Aquicultura**, 2002. Disponível em: <http://www.icepa.com.br/Infconj/ultimos/pdfs/sint_2002_aquic.pdf>. Acesso em: 20/ago./2003.

IWAMI, K. & YASUMOTO, K. Amine-binding capacities of food proteins in transglutaminase reaction and digestibility of wheat gliadin with ϵ - attached lysine. **Journal Science Food Agriculture**. v. 37, 1986.

JIMÉNEZ-COLMENERO, M. Muscle protein gelation by combined use of high pressure temperature. **Food Science and Technology**, n. 13, p. 22-30, 2002.

JORGE, S. **Desenvolvimento de macarrão à base de pescado lavado, desodorizado (surimi), destinado à alimentação institucional e avaliação da sua qualidade protéica**, 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis.

JORY, D. E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T. R. Mercado y comercialización de tilapia em los Estados Unidos de Norteamérica. **Panorama Acuicola**, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2000.

JOSEPH, D.; LANIER, T. C.; HAMANN, D. D. Temperature and pH affect transglutaminase catalized “setting” of crude fish actomyosin. **Journal of Food Science**. v. 59, 1994.

KANAJI T.; OZAKI, H.; TAKAO, T.; KAWAJARI, H.; IDE, H.; MOTOKI, M.; SHIMONISHI, Y. Primary structure of microbial transglutaminase from *Streptoverticillium sp.* **The Journal of Biological Chemistry**. v. 268, 1993.

KIM, S. H.; CARPENTER, J. A.; LANIER, T. C.; WICKER, L. Polymerization of beef actomyosin induced by transglutaminase reaction. **Journal of Food Science**. v. 58, 1993.

KING, F. J. Acceptability of main dishes based on mixtures of ground beef with ground fish obtained from under-used sources. **Journal of Milk Food Technology**. v. 36, n.10, 1973.

KNIPE, C.L.; OLSON, D.G.; RUST, R. E. Effects of selected inorganic phosphates, phosphate levels and reduced sodium chloride levels on protein solubility, stability and pH of meat emulsions. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1010-1013, 1985.

KRIGSMAN, S. A. Phosphates in food processing. **Food Technology in Australia**. v. 37, n. 9, 1985.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. Desafios para a consolidação da tilapicultura no Brasil. **Panorama da Aqüicultura**, v.15, set/out, p.14-21, 2005.

KULSHRESTHA, S. A.; RHEE, K. S. Precooked reduced-fat beef patties chemical and sensory quality as affected by sodium ascorbate, lactate and phosphate. **Journal of Food Science**. v. 61, n. 5, 1996.

KURAIISHI, C.; SAKAMOTO, J.; YAMAZAKI, K.; SUSU, Y.; KUHARA, C.; SOEDA, T. Production on restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. **Journal of Food Science**. v. 62, n. 3, p.488-490, 1997.

KURAIISHI, C.; YAMAZAKI, K.; SUSU, Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry. In: **Food Reviews International**, v. 17, p. 221-246, 2001.

KÜTEMEYER, C.; FROECK, M.; WERLEIN, H.-D.; WATKINSON, B. M. The influence of salts and temperature on enzymatic activity of microbial transglutaminase. **Food Control**, v. 16, p. 735-737, 2005.

LOVELL, R.T. Foods from aquaculture. **Food Technology**, Chicago, v. 9, 1991.

MANGINO, M. E. Physicochemical Aspects of Whey Protein Functionality. **Journal Dairy Science**. v. 67, 1984.

MARCHI J. F. O processamento de peixes de água doce. **Panorama da Aqüicultura**, jul/ago 1997.

MONTERO, P.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; PÉREZ-MATEOS, M.; SOLAS, M. T.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Transglutaminase activity in pressure-induced gelation assisted by prior setting. **Food Chemistry**, n. 90, p. 751-758, 2005.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 6º ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1988, p. 93.

- MÜLLER, W. -D. The technology of cooked cured products. **Fleischwirtschaft**, v. 69, n. 9, p. 1425-1428, 1989.
- NIELSEN, P. M. Reactions and potential industrial applications of transglutaminase – review of literature and patents. **Food Biotechnology**, v. 9, p. 119-156, 1995.
- PAYNE, T. Transglutaminasa, una innovación tecnológica. In: **Ajinomoto Corporation Folder**. 2000.a
- PAYNE, T. Propriedades Básicas da Transglutaminase. In: **Ajinomoto corporation Folder**. 2000.b
- PIETRASIK, Z. Binding and textural properties of beef gels processed with κ -carragenan, egg albumin and microbial transglutaminase. **Meat Science**, v. 63, n. 3, p. 317-324, 2003.
- PONS, M; FISZMAN, S. M. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. **Journal of Texture Studies**. n. 27, 1996.
- PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **Comportamento funcional de los componentes de la carne durante el procesado: ciencia de la carne de los productos cárnicos**. Edit. Acribia, S.A., 1986.
- SEBBEN, C. L. **Rendimento e vida-de-prateleira e hamburgues produzidos com carne de carpa (*Cyprinus carpio*) moída**, 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis.
- SEGURO, K.; NIO, N.; MOTOKI, M. Some Characteristics of a Microbial Protein Cross-linking Enzyme: Transglutaminase. **Macromolecular Interactions in Food Technology**. v. 21,1996.
- SERRANO, A.; COFRADES, S.; JIMÉNES COLMENERO, F. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. **Food Chemistry**, v. 85, p. 423-429, 2004.
- SEYMOUR, T. A.; PETERS, M. Y.; MORRISSEY, M. T.; HAEJUNG, A N. Surimi gel enhancement by bovine plasma protein. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v. 45, n. 8, 1997.
- SHIMIZI, Y.; WENDAKOON, C. N. Effects of maturation and spawning on the gel-forming ability of lizardfish (*Saurida elongate*) muscle tissues. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 52, p. 331-338,1990.
- SIKORSKI, A. E. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Acribia S.A., 1994.
- SUDERMAN, D. R. Use of Batters and Breadings on Food Products: a Review. **Batter and Breading Technology**. Avi Publishing, Connecticut, 1983.
- STRYKER, J. C.; LANIER, T. C. Performance of a Calcium Sensitive Fungal Transglutaminase in Comminuted Meat Products. In: **IFT Annual Meeting**., 1997.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, p. 215-225, 2002.

SZCZESNIAK, A. S. Sensory Texture Profiling – Historical and Scientific Perspectives. **Food Technology**, v. 52, n. 8, 1998.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of textural characteristics. **Journal of Food Science**, v. 28, p. 385-389, 1963.

SZCZESNIAK, A. S.; BRANDT, M. A.; FRIEDMAN, H. H. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. **Journal of Food Science**, v. 4, n. 28, p. 397-403, 1963.

TAGUCHI, S.; ARAKAWA, K.; YOKOYAMA, K.; TAKEHANA, S.; TAKAGI, H.; MOMOSE, H. Overexpression and purification of microbial pro-transglutaminase from *Streptomyces cinnamomeum* and *in vitro* processing by *Streptomyces albogriseolus* proteases. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 94, n. 5, p. 478-481, 2002.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETA, P. A. **Análise Sensorial de Alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987.

TEIXEIRA, E. **Análise Físico-Sensorial**. Florianópolis, 2000. (Apostila da disciplina de Análise Sensorial, ministrada no curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina).

TAI, G. J.; LIN, S. M.; JIANG, S. T. Transglutaminase from *Streptoverticillium ladakanum* and application to minced fish product. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 6, p. 1234-1238, 1996.

URESTI, R. M.; VEKÁZQUEZ; RAMÍRES, J. A.; VÁZQUEZ, M.; TORRES, J. A. Effect of high pressure treatments on mechanical and functional properties of restructured products from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 84, p. 1741-1749, 2004.

URESTI, R. M.; VELAZQUEZ, G.; VÁZQUEZ, M.; RAMÍRES, J. A.; TORRES, J. A. Effects of combining microbial transglutaminase and high pressure processing treatments on the mechanical properties of heat-induced gels prepared from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). **Food Chemistry**, v. 94, p. 202-209, 2006.

VITALI, A. A. Novas tendências em processamento de alimentos. In: **Simpósio comemorativo dos 30 anos da SBCTA**: Tópicos atuais em ciência e tecnologia de alimentos. São Paulo:SBCTA, 11/jun.1997.

YEAN, Y. S. The quality of surimi made from threadfin bream stored on ice for different periods. **Journal of Food Science and Technology**, v. 28, p. 343-346, 1993.

WAN, J., MIURA, J., SEKI, N. Effect of monovalent cations on cross-linking of myosin in suwari gels from *Walleye pollack*. *Nippon Suisanokkaishi*, v. 58, n. 3, p. 583-590, 1992.

WATTS, B. M.; YLAMAKI, G. L.; JEFFERY, L. E.; ELIAS, E. G. **Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos**. Ottawa: CIID, 1992, p. 5, 31.

YI-SIN, L.; MEI-LI, C.; CHANG-HSIESH, L.; WEN-SHEN, C. Cloning and expression of the transglutaminase gene from *Streptoverticillium ladakanum* in *Streptomyces lividans*. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 591-598, 2004.

ZHU, Y.; RINZEMA, A.; TRAMPER, J; BOL, J. Microbial transglutaminase – a review of its production and application in food processing. **Microbiol Biotechnol** v. 44, p. 277-282, 1995.

ZHU, Y.; RINZEMA, A.; TRAMPER, JL; BOL, JL Transglutaminase. Application Microbiological Biotechnology. **Journal Agriculture and Food Chemistry**. v. 44, 1995.

ZIEGLER, G.R., ACTION , J. C. Mechanism of gel formation by proteins of muscle tissue. **Food Technology**. Chicago, v. 38, 1984.

CAPÍTULO 2

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE TRANSGLUTAMINASE EM REESTRUTURADO DE PEIXE OBTIDO DE CARNES RESIDUAIS DE TILÁPIA (*Oreochromis sp*)

Artigo submetido ao Boletim do CEPPA –
Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos – ISSN: 0102-0223

RESUMO

A utilização da enzima transglutaminase por parte das indústrias beneficiadoras de peixe dá a oportunidade de aproveitar matéria-prima desperdiçada e agregar valor ao pescado. Avaliou-se a perda de água (Uresti *et al.*, 2004) e a textura por análise instrumental (texturômetro *Stevens LFRA Texture Analyser*) nos atributos firmeza, dureza e coesividade, sob o efeito da variação da concentração de transglutaminase (Activa TG-B®) (0,2-0,8% e controle), em um produto reestruturado de carnes residuais da filetagem de tilápia (*Oreochromis sp*), com 0,2% de NaCl e 0,25% de tripolifosfato de sódio. A perda de água não apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Os resultados obtidos das propriedades mecânicas de textura mostraram que conforme o aumento na concentração da enzima, resultou num aumento da firmeza, dureza e coesividade, onde apresentou diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) em alguns intervalos de concentrações. Na avaliação sensorial, com o Teste de escala hedônica (Teixeira *et al.* 1987) os reestruturados com 0,5% e 0,8% de transglutaminase obtiveram, respectivamente, 84,56% e 86,00% de aceitabilidade, e o reestruturado com aglutinador comercial não foi aceito sensorialmente com 51,33%.

Palavras-chave: Transglutaminase, reestruturado, aceitabilidade

EFFECT OF TRANSGLUTAMINASE LEVELS ON RESTRUCTURED FISH OBTAINED FROM WAST MEATS OF TILÁPIA (*Oreochromis sp*)

ABSTRACT

The utilization of transglutaminase by the industries fish processing give the opportunity to make good use of raw material wasted and to improve value to fish. Evaluated the expressible water (Uresti *et al.*, 2004) and the texture by the instrumental analysis (texturometer *Stevens LFRA Texture Analyser*) on the firmness, hardness and cohesiveness, under the effect of change transglutaminase levels (Activa TG-B®) (0,2-0,8% and control), on the restructured fish product from the filleting waste meat of tilápia (*Oreochromis sp*), with 0,2% NaCl and 0,25% sodium tripolyphosphate. The expressible water was not significant statistics differences ($p < 0,05$) among the treatment. The results obtained of texture mechanical properties showed that the increase in enzyme levels, resulted in increase firmness, hardness, cohesiveness, where showed significant statistics differences ($p < 0,05$) in some levels spaces. In the sensory evaluation with the hedonic scale test (Teixeira *et al.* 1987), the restructured products with transglutaminase levels 0,5% e 0,8% respectively were acceptability 84,56% e 86,00% and the restructure product with trading binding agent was not obtained acceptability with 51,33%.

Key-word: transglutaminase, restructure, acceptability.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias de processo por parte das indústrias alimentícias têm sido impulsionados principalmente para responder à crescente procura, pelo mercado consumidor, de produtos nutritivos e com aparência próxima aos naturais, práticos e de rápido preparo, mas que tenham também preços acessíveis (VITALI, 1997).

O Brasil é o 27º produtor mundial de pescados, com aproximadamente 513.430 ton/ano (ICEPA, 2004). Isto atribui-se principalmente ao advento da pesca sustentável e da aqüicultura, que possibilitou evitar a extinção e também a introdução de várias espécies no mercado (JORGE, 1997).

Segundo a FAO (2004ab) o Brasil apresenta-se com o 4º maior índice de crescimento anual no setor aqüícola, produção de 246.200 toneladas em 2002, principalmente camarão (carcinicultura), ostra (malacocultura), mexilhão (mitilicultura) e peixes (piscicultura) de água doce.

Estima-se que a produção atual de tilápia no Brasil, um dos principais peixes cultivados no país e o segundo do mundo (JORY *et al.*, 2000), supera 100.000 ton/ano; apesar da falta de estatísticas oficiais (KUBITZA & CAMPOS, 2005).

A tilápia (*Oreochromis sp.*) rende em média 29-33% de filés e 9,0-14% de carnes remanescentes, sendo as aparas e o músculo residual contido no esqueleto (carcaça) após a filetagem, que é recuperado por processos mecânicos (MARCHI, 1997; KUBITZA & CAMPOS, 2005).

Somente neste estado, têm-se aproximadamente 40% de sua produção total não aproveitada, entretanto, com recursos no processamento de peixes poderiam ser destinadas à alimentação humana. Uma única empresa pesqueira de Santa Catarina, chega a perder até 3.000 ton/ano de matéria-prima (JORGE, 1997).

A pesquisa tecnológica tem buscado ampliar e desenvolver métodos para o aproveitamento máximo dos considerados resíduos, por parte das indústrias, criando produtos reestruturados com pedaços de músculos e polpa, que sejam uniformes na forma, cor e textura (FLORES *et al.*, em publicação)

Estes processos reduzem o desperdício pela utilização de todo o músculo para a alimentação humana, podendo proporcionar ótima apresentação e agregar valor ao produto. (FLORES *et al.*, em publicação).

Vários estudos têm demonstrado que a aplicação da enzima transglutaminase no processamento de sistemas alimentícios, mais precisamente sistemas protéicos, proporciona resultados surpreendentes com relação a textura e aumento do *shelflife* pela formação de gel e capacidade de retenção de água; maior estabilidade térmica do alimento, incremento do seu valor nutricional pela incorporação de aminoácidos e/ou pela proteção de aminoácidos (lisina) frente a reações deteriorativas, e desenvolvimento de produtos inovadores a partir do poder de reestruturação (ZHU *et al.*, 1995; SEGURO *et al.*, 1996; KURASHI *et al.*, 1997; PAYNE, 2000a,b; KURASHI *et al.*, 2001).

Transglutaminase (E.C. 2.3.2.13) é uma transferase amplamente distribuída na natureza, podendo ser encontrada em vários tecidos animais, peixes, plantas, microrganismos, sendo conhecida como fator XIII quando relacionada à coagulação no sangue humano (SEGURO *et al.*, 1996; KURASHI *et al.*, 2001).

Atualmente, é comercializada pela empresa Ajinomoto Co. Inc., com o nome, no Brasil, de Activa TG (B, S, TB) que é cálcio independente, sendo isolada e extraída da fermentação do microrganismo *Streptococcus marabense* (PAYNE, 2000a, b).

Esta enzima promove a reação de polimerização e a ligação cruzada “crosslinks” com a transferência do grupo acyl, introduzindo ligações covalentes entre proteínas (NIELSEN, 1995) bem como peptídeos e várias aminas primárias. A reação de acyl transferência ocorre entre o grupamento γ -carboxiamida dos resíduos de aminopeptídeos glutamina e várias aminas primárias. Quando o grupo ϵ -amino do resíduo de lisina, na proteína, atua como aceptor do grupo acyl, ligações ϵ -(γ -Glu)-Lis são formadas intra e intermolecular (Figura1) (ZHU *et al.*, 1995; GERRARD, 2002).

A transglutaminase comercializada (MTgase) atua numa larga faixa de pH de 4 a 9, com ótimo de 6 a 7, e age em temperaturas necessariamente superiores a 0 °C, tendo uma temperatura ótima de 50° C e já tem inativação a 75° C; tendo estes parâmetros diferentes conforme o tipo de alimento (sistema) aplicado e as características físicas desejadas no produto (ANON, 1996).

O custo da enzima MTgase é um fator limitante para tornar esta tecnologia realidade de mercado, por várias indústrias beneficiadoras de pescado no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de transglutaminase (Activa TG-B) em um produto reestruturado de carnes residuais de

tilápia (*Oreochromis sp*) obtidas no *toilet* da filetagem industrial deste pescado, e verificar a aceitabilidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram utilizadas aparas residuais obtidas no *toilet* da filetagem industrial de tilápia (*Oreochromis sp*) congeladas, a enzima transglutaminase comercial Activa TG-B® e um aglutinante disponível no mercado nacional indicado no desenvolvimento de produtos cárnicos reestruturados.

2.2 Elaboração dos Reestruturados

Os reestruturados de peixe foram elaborados a partir das aparas residuais do *toilet* de filés (*Oreochromis sp*), descongelados a 5 °C e cortados em pedaços de aproximadamente 1 x 2 cm. Seguidamente, porções de 1 kg foram tambleados (tambler Henny Penny Vacuum - model VM-60) com cloreto de sódio 2% diluído em água, por 6 minutos; adicionou-se tripolifosfato (Brifisol®) 0,25% diluído em água e tambleados por mais 6 minutos. Acrescentou-se a enzima MTgase (Activa TG-B®) previamente diluída em concentrações diferentes, que variaram de 0,2% até 0,8%, e tambleados por mais 6 minutos. Foi feito um controle sem a enzima. Em todos foram acrescentados no total 5% de água durante o processamento. As misturas foram moldadas em formas retangulares de 16 cm x 10 cm x 5 cm, com pressão de 5kg, ficando *over night* em refrigeração a 5 °C, após, cortados em retângulos com 2 cm de espessura.

Para a avaliação sensorial submeteram-se 3 produtos diferentes; refez-se os reestruturados com concentração de MTgase 0,5%, 0,8% e um aglutinador disponível no comércio nacional, seguindo suas indicações de uso, porém, moldados em formato cilíndrico de 12 cm de diâmetro. Após *over night*, congelados em congelador de placas horizontais (Frigostella, modelo PF 5) a -39 °C por 3 horas, foram porcionados, empanados com *batter* (Bremil) e *breeding* (Inquil) e armazenados em câmara fria -18 °C.

2.3 Perda de água

Segundo a metodologia descrita por Uresti *et al.* (2004) e adaptada, os reestruturados de peixe com MTgase de 0,2% a 0,8% e o controle, foram cozidos em vapor por 4 min. (2 min. cada lado), pesados (balança Digimed KN 500) amostras de 3g ($\pm 0,1$ g) e colocados em 2 folhas de papel filtro (Whatman nº 1). As amostras foram colocadas em tubos de centrífuga de 50ml e centrifugados (centrífuga Hermle Z200A) a 1750 X g por 5 min a 25 °C. Imediatamente as amostras foram removidas e repesadas e o total da perda de água foi calculado como:

$$P.A = \frac{P_i - P_f}{P_i} \text{ (g/g)}$$

Sendo P.A. o índice de água perdida, ou seja, o volume em gramas (g) de água por um grama (g) de amostra de gel cozido, onde P_i é o peso inicial e P_f é o peso final.

Três amostras foram analisadas para cada tratamento.

2.4 Análise de Textura - Instrumental

Com o texturômetro *Stevens LFRA Texture Analyser*, utilizou-se uma sonda cilíndrica de acrílico de 3,75 cm de diâmetro, para o teste de compressão (dureza) e sonda de aço inox de 5 mm de diâmetro para o teste de penetração (firmeza). Foram analisados os parâmetros de dureza, firmeza, coesividade, segundo modelo proposto por Bourne (1976), Pons & Finszman (1996), para os reestruturados de peixe com 0,2% até 0,8% MTgase e o controle (sem enzima), estando crús e em temperatura de refrigeração (8 °C), e analisados em triplicata.

2.5 Avaliação Sensorial

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - Universidade Federal de Santa Catarina, projeto nº 256/2004, submeteram-se a avaliação sensorial os reestruturados empanados de peixe com concentração de transglutaminase comercial de 0,5%, 0,8% e aglutinador comercial. Previamente os

produtos foram encaminhados às análises microbiológicas exigidas conforme a RDC n° 12 de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001) para Coliformes a 45 °C/g, *Estafilococcus* coagulase positiva/g e *Salmonella* sp/25g. Todas análises foram procedidas segundo a metodologia da APHA (1992).

As amostras congeladas foram fritas sob imersão em óleo de soja (180 °C/6 min.), mantidas aquecidas (50 °C) em estufa até serem degustadas por julgadores não treinados da comunidade universitária do Centro de Ciências Agrárias - UFSC. Para avaliar a aceitabilidade, utilizou-se o Teste de Escala Hedônica, com uma escala de nove pontos (1 = “desgostei muitíssimo” a 9 = “gostei muitíssimo”), conforme metodologia descrita por Teixeira *et al* (1987). Foram realizados 50 julgamentos para cada tratamento.

2.6 Análise Estatística

Os dados da Avaliação Sensorial, Perda de água e Análise de Textura Instrumental, foram analisados por análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey, com o auxílio do programa estatístico *Statgraphics 7.0* (*Statgraphics STSC Inc.*).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perda de água:

Segundo BURSEY (1996), a enzima transglutaminase comercial tem por princípio catalisar a polimerização da miosina, principal proteína miofibrilar da carne, e outras proteínas presentes no processo, levando a um aumento na capacidade de formação e estabilidade do gel, e uma superior capacidade de ligação (*binding*). Isto garante maior capacidade de retenção de água, conseqüentemente em uma textura mais firme, suculenta e com melhor sabor da carne processada.

Tabela 1 - Perda de água em produtos reestruturados de tilápia (*Oreochromis sp*) cozidos com concentrações diferentes de transglutaminase.

Amostra - % MTgase	Perda de água (g/g) (média*)
Controle	0,0364 ^a
0,2%	0,0304 ^a
0,3%	0,0297 ^a
0,4%	0,0259 ^a
0,5%	0,0216 ^a
0,6%	0,0226 ^a
0,7%	0,0300 ^a
0,8%	0,0178 ^a

* Letras diferentes indicam que os tratamentos possuem diferenças estatísticas significativas entre si ($p < 0,05$).

Conforme os dados apresentados na tabela 1, verificou-se: a medida que a concentração de transglutaminase aumentava em relação ao controle, ocorria menor perda de água dos reestruturados de peixes cozidos, concordando com a literatura, porém, sem ter diferenças estatísticas significativas entre si ($p < 0,05$). Atribuiu-se a variação nos valores obtidos em relação às concentrações de transglutaminase, principalmente, a falta de homogeneidade na massa cárnea dos reestruturados, pois foram elaborados a partir de pedaços de pescado e não foram triturados para a formação de uma massa homogênea, como ocorre na elaboração do surimi.

Sal (NaCl) é adicionado em produtos cárnicos para melhorar sua ligação e capacidade de retenção de água. Íons cloreto tende a penetrar nos miofilamentos causando neles intumescimento (inchaço) (HAMM, 1972 *apud* DIMITRAKOPOULOU, *et al.* 2005). Íons sódio ficam em volta destes filamentos (OFFER & KNIGHT, 1983) o qual induz a um aumento da pressão osmótica dentro das miofibrilas e causa inchaço na rede filamentosa.

Segundo Uresti *et al.*, (2004), a perda de água com MTgase em produtos reestruturados de peixe carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) foi reduzida, porém, somente em produtos contendo sal.

Vários estudos têm mostrado que o uso de MTgase em produtos sem adição de sais resultam em produtos com propriedades pobres de ligação com a água (JIMÉNEZ COLMENERO *et al.* 2003). O efeito da enzima nestas propriedades vai depender da concentração e o tipo de MTgase usada, e as condições em que esta é usada: reação de tempo e temperatura, tamanho dos pedaços de carne e o método utilizado no corte, presença de outros ingredientes e origem da carne (SERRANO *et al.*, 2004).

Contudo, há algumas divergências na literatura de como a adição de MTgase influencia no efeito que os sais causam na retenção de água. (SERRANO *et al.*, 2004; CARBALLO *et al.*, 2006). A presença de MTgase já foi relatada que não exerce influência (KILIC, 2003; PIETRASIK & JARMOLUK, 2003), que aumenta (KURASHI *et al.*, 1997; TSENG, LIU, CHEN, 2000; PIETRASIK & LI-CHAN, 2002) ou que diminui (KURASHI *et al.*, 1997; CARBALLO *et al.*, 2006) o efeito do sal nas propriedades de ligação com a água.

3.2 Análise de Textura – Instrumental

Tabela 2 - Propriedades de textura medidas instrumentalmente através de texturômetro em reestruturados de tilápia (*Oreochromis sp*) cru .

Amostra** (% MTgase)	Firmeza (Média*)	Dureza (Média*)	Coesividade (Média*)
controle	61,914 ^a	324,692 ^a	179,922 ^a
0,2%	72,1775 ^a	476,532 ^{a,b}	229,72 ^{a,b}
0,3%	79,884 ^a	577,836 ^{b,c}	273,17 ^b
0,4%	83,055 ^a	695,268 ^{c,d}	279,505 ^{b,c}
0,5%	98,628 ^b	741,258 ^{d,e}	314,15 ^c
0,6%	100,766 ^b	780,192 ^{d,e,f}	324,882 ^{b,c}
0,7%	112,466 ^{b,c}	816,984 ^{e,f}	359,454 ^{c,d}
0,8%	121,02 ^c	855,792 ^f	409,36 ^d

* Letras diferentes na mesma coluna indicam que os tratamentos possuem diferenças estatísticas significativas entre si ($p < 0,05$).

** concentrações diferentes de transglutaminase.

Quando os reestruturados de tilápia foram avaliados instrumentalmente (tabela 2) no atributo firmeza, observou-se que ocorreu um aumento da resistência à penetração conforme aumentou a concentração de transglutaminase. Contudo, do controle até 0,4% de enzima não apresentaram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$), assim como da concentração 0,5% até 0,7% também não apresentaram diferenças significantes ($p < 0,05$) entre si, igualmente com 0,7 e 0,8% ($p < 0,05$).

A resposta de um material à penetração pode ser afetado pela densidade e uniformidade da matriz, já que somente uma região da seção transversal é submetida à penetração, e a resistência a esta força, mede o grau de compactação ou densidade chamado firmeza. A variação na densidade, qualquer defeito ou não-homogeneidade da matriz, como bolsas de ar ou ingredientes adicionados, podem alterar a força de penetração (LEE & CHUNG, 1989).

Com relação à dureza, o aumento na concentração da enzima proporcionou um aumento da resistência à força de corte (teste de compressão). Somente as concentrações próximas (vizinhas) umas as outras (tabela 2), não apresentaram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$).

Venugopal *et al.* (2002) relatou em seu estudo sobre as propriedades do reestruturado (*steak*) de cação, que o parâmetro dureza foi essencialmente afetado devido a gelificação da proteína miofibrilar, particularmente a miosina. Os *steaks* de cação fritos aumentaram a dureza.

Para coesividade, também observou-se (Tabela 2) ser maior conforme maior a quantidade de enzima. O controle, somente não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) com a concentração MTgase 0,2%, já esta também não teve diferença significativa com 0,3%, 0,4%, 0,6%, mas, tendo diferença com 0,5%, provavelmente pela falta de homogeneidade no reestruturado, que é produzido com pedaços pequenos de carne e não uma massa homogênea. As concentrações 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7% não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, assim como a 0,7% e 0,8%.

Segundo Lanier & Lee (1992), a coesividade do gel é o melhor parâmetro para representar a qualidade e funcionalidade das proteínas do surimi e reduções deste atributo são interpretadas como perdas da habilidade de formação do gel resultante da redução de ligações cruzadas (cross-linking) intermoleculares das cadeias protéicas causadas por desnaturação protéica ou outros fatores.

Muguruma *et al.* (2003) demonstraram que a textura das salsichas de frango foi melhorada com adição de transglutaminase no produto. Estudos sugerem que a adição de transglutaminase melhora textura de géis cárnicos provavelmente devido a formação de ligações ϵ -(δ -glutamil)lisina entre as proteínas miofibrilares (HAMMER, 1998; MUGURUMA *et al.*, 2003; URESTI *et al.*, 2006).

Segundo DIMITRAKOPOULOU *et al.* (2005), a concentração de MTgase afetou significativamente ($p < 0,05$) a consistência e a total aceitabilidade do reestruturado cozido de carne de porco e não afetou a firmeza, a suculência, a cor, o odor e sabor e o paladar de sal do produto. Concordando com os resultados relatados por Muller (2003), que afirmou em seu trabalho que esta enzima influenciou principalmente a consistência do presunto cozido.

Nielsen *et al.* (1995) também encontraram em sua pesquisa, resultados mostrando que a transglutaminase (endógena) ($p < 0,05$) aumenta a força de resistência à penetração e compressão, entre os pedaços de carne num produto reestruturado.

Estudos reométricos em massas de lingüiça crua feita com MTgase, executados por Hammer (1998), mostraram um aumento na elasticidade e na viscosidade quando comparadas com controle. Isto sugeriu que a união das proteínas cárnicas pela enzima ocorre já durante a fragmentação da massa crua na qual resultam numa excelente estrutura da cadeia da proteína depois de cozida.

Pietrasik & Li-Chan (2002) afirmaram que amostras de gel de carne bovina contendo 0,5% de transglutaminase apresentaram maior firmeza, dureza, coesividade, elasticidade, fraturabilidade e mastigabilidade que os produzidos sem adição da enzima.

3.3 Aceitabilidade

Os dois reestruturados de peixe elaborados com MTgase 0,5% e 0,8% obtiveram aceitabilidade conforme os resultados obtidos na avaliação sensorial, tendo 84,56% e 86,00% respectivamente. O produto elaborado com aglutinador comercial não obteve aceitação, com 51,33% (tabela 3). Para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70% (Teixeira, 1987).

A análise sensorial mostrou que a enzima transglutaminase tem efeito positivo no processamento de produtos reestruturados de peixe, porém, estatisticamente não apresentou diferença significativa entre as concentrações utilizadas.

Tabela 3 Média dos julgamentos e aceitabilidade de reestruturados empanados de Tilápia (*Oreochromis sp*).

Amostras**	Média dos julgamentos	Aceitabilidade (%)*
Transglutaminase 0,5%	7,61	84,56 ^a
Transglutaminase 0,8%	7,74	86,00 ^a
Aglutinador	4,62	51,33 ^b

* Letras diferentes na mesma coluna indicam que os tratamentos são diferentes significativamente entre si ($p < 0,05$).

** Reestruturados de tilápia (*Oreochromis sp*) com concentrações diferentes de MTgase (0,5% e 0,8%) e aglutinador comercializado.

O efeito benéfico da enzima, sobretudo na aceitabilidade, têm sido relatado para outros produtos cárnicos por vários pesquisadores.

Kolle & Savell (2003) usaram a enzima para ligar músculo bovino depois de eliminar gordura e tecido conectivo pesado e produziu *steaks*, o qual foi considerado superior que o controle pelos consumidores.

Kilic (2003) relatou em seu estudo que a transglutaminase microbiana usada no preparo de um típico produto cárneo turco, a base de frango (*chiken döner keba*), proporcionou aumento na suculência e principalmente na aceitabilidade quando comparado com controle.

Tseng *et al.* (2000) também relatou que a enzima a 1% aumentou significativamente ($p < 0,05$) a textura, suculência e sobretudo a boa aceitabilidade das *chiken balls* com baixo teor de sal.

4. CONCLUSÃO

As diferentes concentrações de transglutaminase (0,2% a 0,8% e controle) não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para a perda de água nos produtos cozidos, pelo método adotado. Os resultados para textura (firmeza, dureza e

coesividade) aumentou junto com concentração enzimática, mas, somente em intervalos, ocorreram diferenças significativas ($p < 0,05$). Os reestruturados elaborados com 0,5% e 0,8% de enzima obtiveram ótima aceitabilidade e sem diferenças estatísticas significantes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANON. TGase: Transglutaminase and applications. In: **Ajinomoto Corporation Folder**, 1996.

APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington: American Public Health Association, 1992.

BOURNE, M. C. Interpretation of forces curves from instrumental texture measurements. In: (de MAN, J. M.; VOISEY, P. W.; RASPER, V. F.; STANLEY, D. W. (eds)) **Rheology and texture in food quality**. Westport: Avi, p. 244-274, 1976.

BURSEY, R. G. Transglutaminase – A Crosslinking Enzyme for Meat and Poultry. In: **Ajinomoto USA, Inc**, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 12 out. 2003.

CARBALLO J., AYO J., JIMÉNEZ COLMENERO F. Microbial transglutaminase and caseinate as cold set binders: Influence of meat species and chilling storage. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 6, p. 692-699, 2006.

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 Science**, v. 70, p. 743-749, 2005.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**: Examen mundial de la pesca y la acuicultura : El estados de los recursos pesqueros: tendencias de la producción, aprovechamiento y comercio. Departamento de pesca de la FAO. Roma p. 3-67. 2004.

FAO. **Overview of fish production, utilization, consumption and trade 2004** - based on 2002 data by Stefania Vannuccini. FAO, Fishery Information, 2004.

FAO. **Resumen informativo sobre la pesca por Paises**. 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/fi/fcp/es/BRA/profile.htm>>. Acesso em: 19/ago/2003.

FLORES, N. C.; BOYLE, E. A. E.; KASTNER, C. L. Instrumental and consumer evaluation of pork restructured with activa™ or with fibrimex™ formulated with and without phosphate. **Food Science and Technology**, sob avaliação., nov, 2005.

GERRARD, J. A. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. **Food Science & Technology**, v. 13, p. 391-399, 2002.

HAMANN, D. D.; LANIER, T. C. Instrumental methods for predicting seafood sensory texture quality. In: (KRAMER, D.E., LISTON, J. (eds.)). **Seafood quality determination**. Amsterdam: Elsevier, 1987.

HAMMER, G. F. Microbial transglutaminase and diphosphate in finely comminuted cooked sausage. **Fleischwirtschaft**, v. 78, p. 1155-1162, 1998.

ICEPA/SC. **Síntese anual da agicultura de Santa Catarina 2003 – 2004: Desempenho da pesca e aqüicultura**, 2004.

JIMÉNEZ COLMENERO, F.; SERRANO, A.; AYO, J.; SOLAS, M. T.; COFRADES, S. L.; CARBALLO, J. Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnuts. **Meat Science**, v. 65, p. 1391-1397, 2003.

JORGE, S. **Desenvolvimento de macarrão à base de pescado lavado, desodorizado (surimi), destinado à alimentação institucional e avaliação da sua qualidade protéica**, 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis.

JORY, D. E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T. R. Mercado y comercialización de tilapia em los Estados Unidos de Norteamérica. **Panorama Acuicola**, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2000.

KILIC, B. Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. **Meat Science**, v. 63, n. 3, p. 417-421, 2003.

KOLLE, D. S.; SAVELL, J. W. Using Activa TM TG-RM to bind beef muscles after removal of excessive seam fat between the *m.longissimus thoracis* and *m.spinalis dorsi* and heavy connective tissue from within the *m.infraspinatus*. **Meat Science**, v. 64, p. 27-33, 2003.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. Desafios para a consolidação da tilapicultura no Brasil. **Panorama da Aqüicultura**, v.15, set/out, p.14-21, 2005.

KURAISHI, C.; YAMAZAKI, K.; SUSA, Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry. In: **Food Reviews International**, v.17, p. 221-246, 2001.

KURAISHI, C.; SAKAMOTO, J.; YAMAZAKI, K.; SUSA, Y.; KUHARA, C.; SOEDA, T. Production on restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. **Journal of Food Science**. v.62, n.3, p.488-490, 1997.

LANIER, T. C.; LEE, C. M. **Surimi technology**. New York: Marcel Dekker, 1992, p.528.

LEE, C. M.; CHUNG, K. H. Analisis of surimi gel properties by compression and penetration tests. **Journal of Textura Studies**, v.20, p. 363, 1989.

MARCHI, J. F. O processamento de peixes de água doce. **Panorama da Aqüicultura**, jul/ago 1997.

MUGURUMA, M.; TSURUOKA, K.; KATAYAMA, K.; ERWANTO, Y.; KAWAHARA, K.; YAMAUCHI, K.; SATHE, S. K.; SOEDA, T. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. **Meat Science**, v. 63, n. 2, p.191-197, 2003.

MÜLLER, W.-D. Einfluss der Verwendung von Phosphat and Transglutaminase auf Qualitätsparameter von Kochschinken. **Mitteilungsblatt**, v. 42, p. 225-232, 2003.

MÜLLER, W.-D. The technology of cooked cured products. **Fleischwirtschaft**, v. 69, n. 9, p.1425-1428, 1989.

NIELSEN, P. M. Reactions and potential industrial applications of transglutaminase – review of literature and patents. **Food Biotechnology**, v. 9, p. 119-156, 1995.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In: R. A. Lawrie (Ed.), **Developments in meat science**. London: Elsevier Applied Science.

PAYNE, T. Transglutaminasa, una innovación tecnológica. In: **Ajinomoto Corporation Folder**. 2000.a

PAYNE, T. Propriedades Básicas da Transglutaminase. In: **Ajinomoto corporation Folder**. 2000.b

PIETRASIK, Z. Binding and textural properties of beef gels processed with κ -carragenan, egg albumin and microbial transglutaminase. **Meat Science**, v. 63, n. 3, p. 317-324, 2003.

PIETRASIK, Z.; JARMOLUK, A. Effect of sodium caseinate and κ -carragenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial transglutaminase addition. **Food Research International**, v. 36, n. 3, p. 285-294, 2003.

PIETRASIK, Z., LI-CHAN, E.C.Y. Response surface methodology study of the effect of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties. **Food Research International**, v. 35, n. 4, p. 387-396, 2002.

PONS, M; FISZMAN, S. M. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. **Journal of Texture Studies**. n. 27, 1996.

SEBBEN, C. L. **Rendimento e vida-de-prateleira e hamburgues produzidos com carne de carpa (*Cyprinus carpio*) moída**, 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis.

SEGURO, K.; NIO, N.; MOTOKI, M. Some Characteristics of a Microbial Protein Cross-linking Enzyme: Transglutaminase. **Macromolecular Interactions in Food Technology**. v. 21,1996.

SERRANO, A.; COFRADES, S.; JIMÉNES COLMENERO, F. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. **Food Chemistry**, v. 85, p. 423-429, 2004.

- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETA, P. A. **Análise Sensorial de Alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987.
- TSENG, T. F.; LIU, D. D.; CHEN, M. T. Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls. **Meat Science**, v. 55, n. 4, p. 427-431, 2000.
- URESTI, R. M.; TÉLLEZ-LUIS, S. J.; RAMÍRES, J. A.; VÁZQUEZ, M. Use of dairy proteins and microbial transglutaminase to obtain low-salt fish products from filleting waste silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). **Food Chemistry**, v. 86, p. 257-262, 2004.
- URESTI, R. M.; VELAZQUEZ, G.; VÁZQUEZ, M.; RAMÍRES, J. A.; TORRES, J. A. Effects of combining microbial transglutaminase and high pressure processing treatments on the mechanical properties of heat-induced gels prepared from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). **Food Chemistry**, v. 94, p. 202-209, 2006.
- VENUGOPAL, V.; DOKE, N.; KAKATKAR, A.; ALUR, M.D.; BONGIRWAR, D.R. Restructured, shel-stable steaks from shark meat gel. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Tecnologie**, v. 35, p.165-170, 2002.
- VITALI, A. A. Novas tendências em processamento de alimentos. In: **Simpósio comemorativo dos 30 anos da SBCTA**: Tópicos atuais em ciência e tecnologia de alimentos. São Paulo:SBCTA, 11/jun.1997.
- ZHU, Y.; RINZEMA, A.; TRAMPER, J; BOL, J. Microbial transglutaminase – a review of its production and application in food processing. **Applied Microbiol Biotechnol**, v. 44, p. 277-282, 1995.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da enzima transglutaminase comercial veio de encontro à necessidade das indústrias de melhorar a qualidade de seus produtos e também de promover maior diversidade dos mesmos para atender ao mercado consumidor, que está cada vez mais exigente; levando à constante busca de tecnologia tanto de processamentos já existentes, quanto no desenvolvimento de novos produtos. Contínuos estudos com esta enzima são muito importantes para elucidar cada vez mais as desconhecidas e revolucionárias contribuições que a transglutaminase pode promover na área de alimentos.