



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**ESTUDO DA REDUÇÃO DO TEOR DE SÓDIO E ABSORÇÃO DE SALMOURA EM  
FILÉS DE FRANGO MARINADOS**

Carin Gerhardt

Porto Alegre – RS  
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**ESTUDO DA REDUÇÃO DO TEOR DE SÓDIO E ABSORÇÃO DE SALMOURA EM  
FILÉS DE FRANGO MARINADOS**

Carin Gerhardt

Monografia apresentada ao curso de  
Engenharia de Alimentos para a obtenção  
do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Caciano Pelayo Zapata Noreña

Co-orientadora: Simone Hickmann Flôres

Porto Alegre – RS

2010

**ESTUDO DA REDUÇÃO DO TEOR DE SÓDIO E ABSORÇÃO DE SALMOURA EM  
FILÉS DE FRANGO MARINADOS**

Carin Gerhardt

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

.....  
Caciano Pelayo Zapata Noreña  
(Orientador)  
Doutor em Engenharia de Alimentos  
ICTA / UFRGS

.....  
Simone Hickmann Flôres  
(Co-orientadora)  
Doutora em Engenharia de Alimentos  
ICTA / UFRGS

.....  
Márcio Garcia Severo  
Mestre em Engenharia de Alimentos  
Analista de P&D/ Doux Frangosul S/A

.....  
Erna Vogt de Jong  
Doutora em Ciência da Nutrição  
ICTA / UFRGS

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todos os momentos em que precisei do Seu auxílio e orientação.

Aos meus pais, Sildo e Ursula, pelo suporte ao longo de toda jornada, pelo amor incondicional, pelos ensinamentos e pela família que formaram, da qual tenho o maior orgulho. Agradeço à minha irmã Carla pelos inúmeros conselhos, pela companhia e pelo incentivo; aos meus irmãos, pelo carinho e pelo exemplo que são para mim, especialmente ao Marcus, pelas valiosas aulas de engenharia.

Às minhas irmãs de coração, pela amizade ao longo de tantos anos.

Ao meu namorado, pelo suporte, incentivo e amor.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade de estudar gratuitamente em uma das melhores universidades do Brasil.

Ao meu orientador, Prof. Caciano, pela amizade, pelo tempo disponibilizado para me auxiliar nesse trabalho e por sua dedicação como professor. Agradeço igualmente à Prof.<sup>a</sup> Simone, pelo grande auxílio prestado e pela amizade. Agradeço também ao meu ex-orientador de iniciação científica, Prof. Wiest, pela amizade, pela oportunidade de participar do grupo de pesquisa, pelos ensinamentos de vida e pelo exemplo de pessoa que ele é. Aos meus colegas de faculdade pela amizade. A todos os professores do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRGS pelo conhecimento compartilhado.

À empresa Doux Frangosul S/A Agro-avícola Industrial, pela oportunidade de lá realizar o meu estágio curricular, e por disponibilizar recursos materiais e humanos para a execução deste trabalho. Ao pessoal da Doux: Cristiano, Ronildo, Ricardo, e Fran, pelos ensinamentos técnicos e enorme aprendizagem; à Débora pela grande ajuda nesse trabalho, pelas risadas, pela companhia e trocas de idéias; ao Paulo, à Denise e ao Duda por outras tantas risadas e por todos os momentos que compartilhamos juntos; ao pessoal do P&D, principalmente ao Wilson, ao Márcio, à Taci, à Rê, ao Guilherme e à Helena, pelo auxílio e disponibilização do laboratório; à Sandra e ao Carlos, do laboratório de físico-química, pela imensa ajuda; aos técnicos da fábrica de empanados e a todos os funcionários que contribuíram com seu conhecimento e participação nas análises sensoriais.

## RESUMO

O mercado de produtos alimentícios industrializados aumenta cada dia, bem como a procura por alimentos nutritivos, saudáveis e convenientes. Um dos grandes problemas atuais relacionados à alimentação é o alto consumo de sódio. Este estudo, portanto, propôs um produto com teor reduzido de sódio, verificando sua viabilidade sensorial e produtiva, e estudando as transformações físico-químicas durante o seu processamento. Para a redução do teor de sódio substituiu-se o cloreto de sódio (NaCl) pelo cloreto de potássio (KCl). Considerando dados da literatura que indicam menor eficácia desse aditivo na retenção de água, substituiu-se também o tripolifosfato de sódio (STPP) por pirofosfato de sódio (TSPP), já que este é citado como mais eficaz. Utilizou-se o planejamento experimental  $2^2$  com ponto central para a definição da composição das salmouras, tendo como variáveis de saída: substituição de STPP por TSPP (de 28,8% a 71,2%) e substituição de NaCl por KCl (35,9% a 64,1%). Esses tratamentos foram comparados também com um produto sem substituição. Para cada tratamento foram medidos o pH; umidade; rendimento de cozimento; e avaliados os atributos sensoriais: aceitação do sabor salgado, aceitação da maciez, aceitação da suculência e aceitação global. Todos os dados foram processados no programa *Statistica 7.0*, onde foram feitas as análises de efeito, ANOVA e testes de comparação de médias de Tukey. Para o estudo do funcionamento dos equipamentos foram analisados o perfil de variação de pH, do teor de umidade e cloreto de sódio em função do tempo de tambeamento. Os estudos de absorção indicaram diferenças entre os processamentos industrial e piloto, e sugeriram mudanças no sistema industrial. As análises sensoriais mostraram que a substituição máxima estudada de 64% de cloreto de sódio não alterou significativamente nenhum atributo sensorial ( $p \geq 0,05$ ). Também foi observado que as substituições de fosfatos (STPP por TSPP) e de cloretos (NaCl por KCl) agiram de forma muito semelhante, não apresentando diferenças significativas nos atributos estudados. As formulações testadas atingiram o mínimo de 70% de aceitação global.

**Palavras-chave:** frango marinado, fosfatos, cloreto de potássio, redução de sódio.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de tambleamento .....	29
Tabela 2 - Formulação Padrão de produto marinado (M) .....	39
Tabela 3 - Percentuais de sódio da Formulação Padrão e Formulação básica experimental.....	40
Tabela 4 - Níveis das Variáveis Estudadas .....	40
Tabela 5 - Estrutura do planejamento experimental completo 2 <sup>2</sup> mais três pontos centrais.....	40
Tabela 6 - Codificação das amostras .....	41
Tabela 7 - Resultados de pH dos tratamentos em diferentes etapas do processamento.....	52
Tabela 8 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos no pH do produto cru .....	53
Tabela 9 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos no pH do produto cozido...53	
Tabela 10 - Resultados das análises de umidade dos tratamentos em diferentes etapas do processamento .....	55
Tabela 11 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na umidade do produto tambleado.....	55
Tabela 12 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Umidade do produto cozido .....	56
Tabela 13 - Resultados do rendimento de cozimento para cada ensaio .....	57
Tabela 14 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos no rendimento de cozimento .....	57
Tabela 15 – Aceitação de atributos sensoriais para diferentes tratamentos .....	58
Tabela 16 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação do Sabor salgado.....	59
Tabela 17 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação da Maciez..59	
Tabela 18 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação da Suculência .....	59
Tabela 19 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação Global.....	59
Tabela 20 - Correlações entre atributos e parâmetros físico-químicos (R) .....	61
Tabela 21 - Custo da matéria-prima, ingredientes e aditivos .....	64
Tabela 22 - Custo de cada formulação .....	64

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Maiores produtores de carne de frango .....	14
Figura 2 - Maiores consumos <i>per capita</i> de carne de frango .....	14
Figura 3 – Fórmula molecular do pirofosfato de sódio (TSPP).....	22
Figura 4 – Fórmula molecular do tripolifosfato de sódio (STPP) .....	22
Figura 5 – Modelo de <i>Tumbler</i> .....	28
Figura 6 – Design das haletas do <i>tumbler</i> .....	28
Figura 7 – Foto do <i>tumbler</i> carregado .....	28
Figura 8 – Foto de filés de peito de frango .....	30
Figura 9 - Fluxograma da operação em laboratório .....	31
Figura 10 – Foto do <i>Tumbler</i> Inject Star.....	32
Figura 11 – Foto dos filés de frango após tambleamento .....	33
Figura 12 – Foto das peças durante o cozimento .....	34
Figura 13 – Foto de um filé marinado cozido .....	34
Figura 14 - Fluxograma da operação industrial.....	35
Figura 15 - Variação do teor de cloreto de sódio em função do tempo em filés de frango processados em <i>tumbler</i> piloto .....	44
Figura 16 - Variação do teor de umidade em função do tempo em filés de frango processados em <i>tumbler</i> piloto.....	44
Figura 17 - Variação do pH em função do tempo em filés de frango processados em <i>tumbler</i> piloto.....	44
Figura 18 - Variação do teor de cloreto de sódio em função do tempo em filés de frango processados em <i>tumbler</i> industrial.....	45
Figura 19 - Variação do teor de umidade em função do tempo em filés de frango processados em <i>tumbler</i> industrial.....	46
Figura 20 - Variação do pH em função do tempo em filés de frango processados em <i>tumbler</i> industrial .....	46
Figura 21 - Variação do teor de cloreto de sódio em função do tempo em filés de frango processados em escala piloto e industrial.....	48
Figura 22 - Variação do teor de umidade em função do tempo em filés de frango processados em escala piloto e industrial.....	48

Figura 23 - Variação do pH em função do tempo em filés de frango processados em escala piloto e industrial .....	49
Figura 24 - Esquema de haletas e operação do <i>tumbler</i> industrial .....	50



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>13</b>
2.1	PERFIL DO MERCADO .....	13
2.1.1	Mercado de produtos cárneos industrializados .....	15
2.1.1.1	<i>Mercado brasileiro e tendências</i> .....	15
2.1.1.2	<i>Mercado brasileiro para produtos com teor reduzido de sódio: Um desafio</i> .....	17
2.2	DEFINIÇÃO DE PRODUTO MARINADO .....	19
2.3	MATÉRIA-PRIMA E INGREDIENTES .....	19
2.3.1	Carne de Frango .....	19
2.3.2	Ingredientes e aditivos .....	20
2.3.2.1	<i>Água</i> .....	20
2.3.2.2	<i>Cloreto de Sódio (NaCl)</i> .....	20
2.3.2.3	<i>Fosfatos</i> .....	21
2.3.2.4	<i>Açúcares</i> .....	23
2.3.2.5	<i>Aromatizantes</i> .....	23
2.3.2.6	<i>Gomas</i> .....	24
2.3.2.7	<i>Substituintes do cloreto de sódio</i> .....	24
2.3.3	Legislação de produtos com teor reduzido de sódio .....	25
2.4	PROCESSAMENTO: MARINAGEM .....	25
2.4.1	Transformações físico-químicas .....	26
2.4.2	Métodos de marinagem .....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
3.1	MATÉRIAS-PRIMAS E INGREDIENTES .....	30
3.2	FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO EM LABORATÓRIO .....	31
3.3	FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO INDUSTRIAL .....	34
3.4	MÉTODOS DAS ANÁLISES .....	36
3.4.1	Rendimento de cozimento .....	36
3.4.2	Teor de umidade .....	37
3.4.3	Teor de cloreto de sódio .....	37
3.4.4	pH .....	37

3.4.5	Teores de gordura e proteína.....	37
3.4.6	Análise da variação de parâmetros físico-químicos ao longo do tumbleamento (tumblers piloto e industrial).....	38
3.4.7	Análise Sensorial.....	38
3.4.8	Planejamento experimental: Composição da salmoura.....	39
3.4.9	Análise Estatística .....	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
4.1	RESULTADOS DAS ANÁLISES DA MATÉRIA-PRIMA .....	42
4.2	ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AO LONGO DO TUMBLEAMENTO ( <i>TUMBLERS</i> PILOTO E INDUSTRIAL).....	42
4.2.1	<i>Tumbler</i> piloto.....	42
4.2.2	<i>Tumbler</i> industrial .....	45
4.2.3	Comparação entre os equipamentos de tumbleamento .....	46
4.3	AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIALIDADE DOS FILÉS ( <i>TUMBLER</i> PILOTO).....	51
4.3.1	Resultados das análises de gordura do produto cozido .....	51
4.3.2	Resultados das análises de pH .....	51
4.3.3	Resultados das análises do teor de umidade .....	53
4.3.4	Resultados das análises de Rendimento de cozimento .....	56
4.3.5	Resultados das análises sensoriais dos tratamentos .....	58
4.3.6	Análise de Custo .....	63
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE A - MODELO DE FICHA DA ANÁLISE SENSORIAL.....</b>	<b>75</b>
	<b>APÊNDICE B – RESULTADOS DO PERFIL DE ABSORÇÃO.....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ANÁLISES SENSORIAIS .....</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE D – TESTES DE TUKEY .....</b>	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de produtos alimentares modifica-se dia-a-dia, exigindo inovação e antecipação de novas tendências pelas indústrias processadoras. O acesso à internet, o aumento de renda da população, o envelhecimento e a modificação da estrutura familiar tradicional são fatores determinantes no perfil de alimentação brasileiro e mundial. Segundo a publicação *Brasil Food Trends 2020*, as tendências de alimentação no Brasil e no mundo estão relacionadas a tendências como saudabilidade/bem-estar, conveniência/praticidade e qualidade/confiabilidade. No Brasil, particularmente, se dá valor especial para conveniência e praticidade, exibindo uma população urbanizada e com menos tempo para preparar suas refeições.

Junto a essas tendências, o mundo assiste a uma epidemia de obesidade, aumento de doenças cardiovasculares, diabetes e doenças relacionadas a maus hábitos alimentares e falta de exercícios físicos, causadas principalmente pela sedentarização e estilo de vida atual. Com a redução do tempo para preparo de alimentos as famílias passaram a depender cada vez mais de alimentos industrializados, não tendo controle sobre os ingredientes utilizados no alimento. Nesse sentido, a indústria de alimentos tem papel fundamental na utilização ética desses aditivos e ingredientes, que causarão impacto direto na saúde de seus consumidores.

Países como Austrália, Inglaterra, Estados Unidos e Canadá, verificando o aumento exagerado de doenças relacionadas à alimentação, traçaram metas a serem atingidas voluntariamente pelas indústrias quanto à redução de ingredientes como o cloreto de sódio. Com isso, esperam reduzir o número de mortes por infarto e acidente vascular cerebral (AVC), bem como melhorar a saúde da população e reduzir gastos com saúde pública. No Brasil, um acordo de cooperação do Ministério da Saúde com a Associação Brasileira de Indústrias de Alimentação (Abia) assinado em 2007, evitou que 230 mil toneladas de gorduras *trans* fossem utilizadas pelas indústrias entre 2008 e 2009, e agora traçam metas de redução de 50% no consumo de sal até 2020.

O consumo exagerado de sal é relacionado a problemas de saúde como hipertensão, doenças coronarianas, AVCs, osteoporose, sendo que as doenças do

coração são a principal causa de morte nos EUA. A redução de sódio nos alimentos é restrita, pois o cloreto de sódio exerce diversas funções importantes, como aumento da vida útil, atividade anti-microbiana, acentuação do sabor, e alterações na textura. Por isso, vários estudos estão sendo feitos com o objetivo de encontrar substitutos que tenham as mesmas funcionalidades, mas que possuam pouco ou nenhum teor de sódio.

Considerando o Brasil como importante produtor e exportador de frango, considerando também os problemas relacionados ao alto consumo de sódio pela população, o trabalho tem como objetivo elaborar filés de frango marinados, pré-cozidos, com teor reduzido de sódio, substituindo cloreto de sódio por cloreto de potássio, bem como testar diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio e pirofosfato de sódio e verificar os impactos nas características físico-químicas e sensoriais dos filés.

Outro objetivo do trabalho é verificar a dinâmica de incorporação de salmoura e modificação de características físico-químicas durante a operação de tangleamento nos equipamentos industrial e piloto, aproximando os resultados verificados em laboratório com futuros testes realizados em escala industrial. Segundo Xiong e Kupski (1999a), o processo de absorção e retenção de salmoura durante o tangleamento ainda não é bem compreendido, e sabe-se por experiência que há diferenças de incorporação de salmoura entre os equipamentos.

## 2 DESENVOLVIMENTO BIBLIOGRÁFICO

A seguir serão abordados aspectos relacionados ao perfil de mercado, características e transformações físico-químicas da carne, composição de salmouras, legislação, processamento e fluxograma de operações unitárias do marinado de peito de frango.

### 2.1 PERFIL DO MERCADO

De acordo com o Relatório Anual da Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frango (ABEF), em 2009, o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial, com 10,98 milhões de toneladas, sendo a primeira e a segunda posição ocupadas pelos Estados Unidos e China, respectivamente (Figura 1). O Brasil liderou o ranking mundial em exportação de carne de frango, com aproximadamente 3,6 milhões de toneladas, e seus maiores compradores foram o Oriente Médio (37,6% do *market share*) e os países asiáticos (26,0% do *market share*) (ASSOCIAÇÃO ..., 2010).

Desde a crise financeira mundial em 2008, o setor avícola brasileiro vem sendo prejudicado principalmente com a redução do volume de exportações, valorização do real frente ao dólar e redução do crédito aos produtores e agroindustriais. Apesar disso, entre 2008 e 2009 houve crescimento de 2,03% na exportação de produtos industrializados de frango, podendo ser um indicativo do aumento das exportações desse tipo de produto nos próximos anos, com a retomada do crescimento da economia mundial (ASSOCIAÇÃO ..., 2010).

Em relação ao consumo mundial de frango nas próximas décadas, a Food and Drug Association (FDA) indica o aumento impulsionado por perspectivas de crescimento na produção de frango e redução de preços (ASSOCIAÇÃO ..., 2010). A Figura 2 apresenta os maiores consumidores mundiais de carne de frango, com destaque para os Emirados Árabes.

No Brasil, o consumo da carne de frango já superou o consumo da carne bovina, e a previsão é de que ultrapasse a marca de 40 kg *per capita* em outubro de

2010. Entre 1983 e 2009 esse consumo já cresceu mais de 300%, enquanto o de carne bovina recuou, fenômeno esse explicado por fatores como menor preço, imagem de produto saudável e diversidade da forma consumo (FERRAZ, 2010; AVEWORLD, 2010).

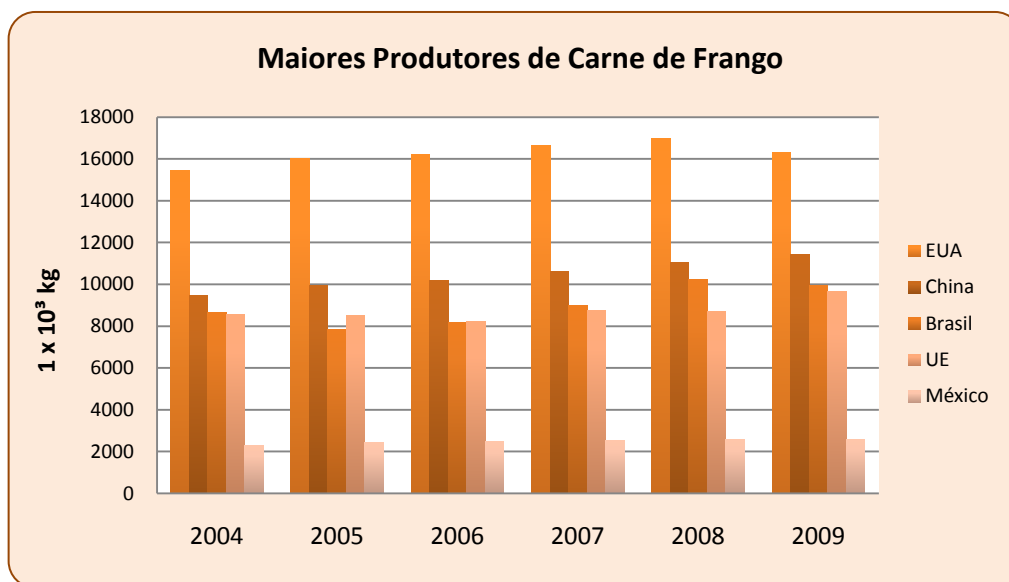


Figura 1 - Maiores produtores de carne de frango

Fonte: FAO (2010)

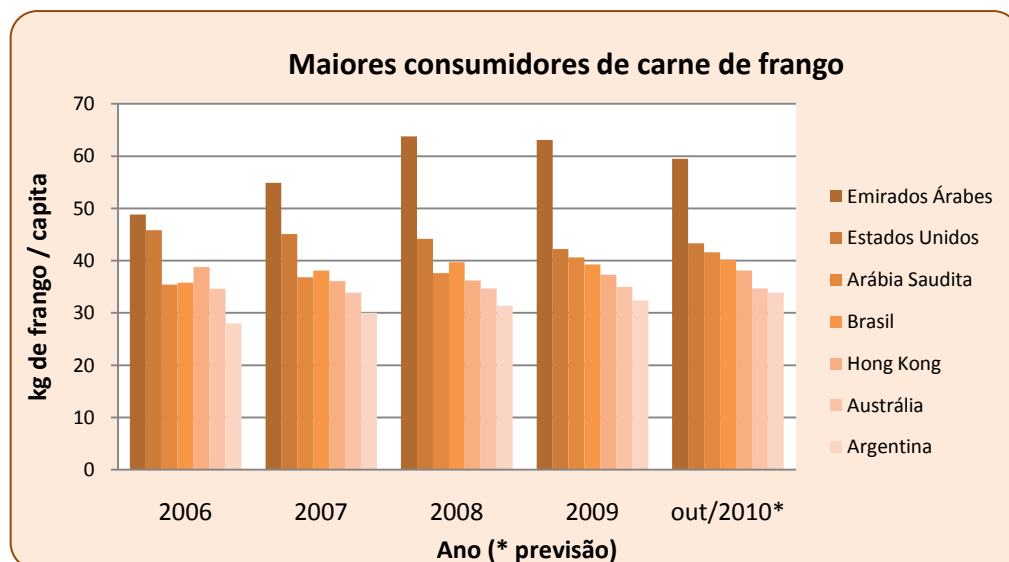


Figura 2 - Maiores consumos *per capita* de carne de frango

Fonte: USDA (2010)

### 2.1.1 Mercado de produtos cárneos industrializados

O mercado atual de produtos cárneos processados é bastante exigente quanto a várias características sensoriais, que muitas vezes não são controláveis, pois dependem de vários fatores intrínsecos ao animal, como raça e idade, ou dependem da sua alimentação, saúde, do período pré-abate e pós-abate. Entre as características mais valorizadas se destacam a suculência e maciez, estas dependentes diretamente da qualidade dos fatores citados acima. A maciez, particularmente, é o atributo sensorial mais importante (LAWRIE; LEDWARD, 2006) e o de maior valor comercial, pois o consumidor o relaciona a carnes de qualidade superior (NUÑES-GONZALES, 2010).

A marinagem é um processo que confere artificialmente maciez a matérias-primas cárneas, reduzindo a falta de uniformidade e a dependência de fatores não controláveis como manejo e abate, gerando um produto suculento e macio (NUÑES-GONZALES, 2010).

Atualmente, esse mercado tem aumentado a cada ano, e exibe um consumidor cada vez mais exigente. A demanda vem crescendo para produtos de maior qualidade, de fácil preparo, saborosos, saudáveis e que combinem todas essas características a preços razoáveis, características essas presentes em produtos como marinados de frango (BORTOLUZZI, 2006).

#### 2.1.1.1 *Mercado brasileiro e tendências*

Em virtude do aumento do rendimento médio mensal da população brasileira ao longo das décadas, apresentado através de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2009, o consumidor brasileiro médio está consumindo mais do que nunca produtos alimentares industrializados. As pesquisas sobre os hábitos alimentares dos brasileiros ainda são escassas, mas alguns estudos mostram um crescimento de 300% no consumo de alimentos industrializados, entre as décadas de 70 e a atual (DOMENE, 2007).

Domene (2007) verificou o incremento desse tipo de consumo através da análise de dados do Estudo Nacional da Despesa Familiar (ENDEF) e da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF), ambas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados obtidos entre os anos de 1974 e 2002 exibiram tendências de aumento do consumo de alimentos industrializados, que apresentaram um incremento de 218% nesse período.

Os motivos para o aumento no consumo são relacionados principalmente à expansão da produção de alimentos, ao barateamento dos custos de produção através da melhoria de tecnologias de produção, ao crescimento do setor de serviços, à diminuição do hábito de preparar alimentos no domicílio, ao aumento do volume e diversificação de alimentos prontos e ao aumento do PIB brasileiro (DOMENE, 2007).

Nuglisch (2006) cita o aumento na demanda por produtos com apelo saudável e natural no Brasil, o que teria incrementado a industrialização de cortes de frango cozidos e assados. Mesmo assim, esse tipo de produto ainda tem o mercado limitado no Brasil, ao contrário do mercado europeu, pois requer mais tecnologia, tornando o produto conseqüentemente mais caro.

O projeto “Brasil Food Trends”, realizado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) em parceria com o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) de Campinas, tem como objetivo analisar as tendências de consumo alimentar do mercado brasileiro. Essa publicação utiliza tendências de consumo validadas internacionalmente, e as relaciona com fatores de demanda, como envelhecimento da população no Brasil e no mundo, aumento do poder de compra, redução do número de filhos por família, participação das mulheres no mercado de trabalho e maior acesso à informação. Segundo ela, os grupos de tendência são: sensorialidade e prazer; saudabilidade e bem-estar; conveniência e praticidade; confiabilidade e qualidade; sustentabilidade e ética. A aplicabilidade desse grupo de tendências toma como base o intercâmbio cultural e comercial intenso com os países onde elas foram identificadas, partindo da premissa que elas já chegaram ou chegarão ao Brasil (FEDERAÇÃO ..., 2010).



### 2.1.1.2 *Mercado brasileiro para produtos com teor reduzido de sódio: Um desafio*

O Brasil é um país que tem sua cultura alimentar voltada ao prazer de comer, e isso significa uma alimentação baseada no alto consumo de massas, gorduras, açúcares e carne (LEONARDO, 2006). Esse padrão se reflete consequentemente no consumo de sal, pois este acentua o sabor dos alimentos, além de ser um ingrediente muito importante nos alimentos industrializados por reduzir sua atividade de água e, por consequência, aumentar sua vida útil.

O sódio é um mineral essencial à manutenção do fluxo de fluidos intra e extracelulares, agindo como peça-chave na manutenção e regulação da pressão sanguínea (BRASIL, 2004). Nos dias de hoje, o maior problema relacionado ao sódio não é sua falta, mas seu elevado consumo, o que leva a diversos tipos de doenças cardiovasculares, aumenta significativamente o risco de derrame cerebral (STRAZZULLO *et al.*, 2009; BRASIL, 2004; *WORLD ...*, 2007), e é relacionado a doenças como câncer de estômago, osteoporose, catarata, pedra nos rins e diabetes (*WORLD ...*, 2007).

Muitas linhas de investigação têm sido desenvolvidas e evidenciam uma forte relação entre a ingestão de sódio e doenças do coração (*WORLD ...*, 2007). Em 2009 foi realizado um estudo com 117.025 mil participantes e 11 mil casos de doenças cardiovasculares, relacionando o consumo excessivo de cloreto de sódio a problemas cardíacos e acidente vascular cerebral (AVC). Esse estudo comprovou que a redução diária de 5g de cloreto de sódio no consumo médio da população britânica (estimado em 10g/dia), atingindo o valor de 5g diários recomendado pela OMS, pode reduzir o risco de AVC em 23%, além de reduzir 17% o número total de doenças cardiovasculares. O mesmo trabalho citou uma publicação do World Heart Federation, que reportou 5,5 milhões de mortes por ano devido a AVCs e perto de 17,5 milhões de mortes ao ano por doenças cardiovasculares. Baseado nesses dados, o estudo estimou a redução de 1,25 milhões de casos de AVC e quase 3 milhões de mortes por doenças cardíacas por ano, reduzindo também drasticamente despesas governamentais em saúde e justificando políticas públicas de redução do consumo de sal (STRAZZULLO *et al.*, 2009; *WORLD ...*, 2004).

Mesmo com tantos esforços no sentido de reduzir o consumo de cloreto de sódio, o Brasil é um país que consome mais sal a cada ano, conforme mostra uma publicação da USP em 2009 (BRASIL, 2010). Segundo o estudo, os resultados desse alto consumo podem ser constatados pelo aumento de 21,5 para 24% na população com hipertensão entre 2006 e 2010. Em relação às principais causas de incapacidade e morte no Brasil, o Guia Alimentar para a População Brasileira, elaborado pelo Ministério da Saúde, destaca as doenças crônicas como diabetes, hipertensão, acidente vascular cerebral, doenças cardíacas e câncer.

O consumo diário do brasileiro chegou à marca dos 12g por pessoa (SARNO *et al.*, 2009), mais do que o dobro dos 5g recomendados pela WHO (WORLD ..., 2003). O aumento do consumo ocorreu em todas as classes sociais, tanto no meio urbano quanto no rural, sendo que a principal fonte é o sal de cozinha e condimentos à base de sal, como ocorre em países em desenvolvimento. Já nos países desenvolvidos, a maior fonte de cloreto de sódio (60 a 90%) é proveniente de produtos industrializados, sendo que para os brasileiros de maior renda esse percentual cresce, indicando uma tendência de aumento da importância no controle dessa substância nesse tipo de produto (SARNO *et al.*, 2009).

Muitas fontes consultadas relacionam o consumo de sódio com alimentos industrializados enfatizaram a importância da tomada de medidas públicas de conscientização da população e imposição de limitações às indústrias quanto à quantidade de sódio adicionada nos alimentos processados, como uma medida de proteção à saúde pública (WORLD ..., 2007; SARNO *et al.*, 2009)

A substituição do cloreto de sódio por cloreto de potássio poderia ser uma alternativa para os problemas de alta ingestão de sódio. Pressão alta e o aumento de pressão sanguínea ao longo dos anos são relacionados à alta ingestão de sódio e baixa ingestão de potássio. Em ambientes rurais a excreção urinária de sódio é baixa e a de potássio é alta, ocorrendo o contrário nas cidades, sendo que a primeira população tem uma incidência muito baixa de pressão alta e de problemas cardíacos (WORLD ..., 2007). Um estudo evidenciou ainda que o potássio reduz a incidência de morte por AVC e os custos prévios de hospitalização (CHANG *et al.*, 2006).

Sacks *et al.* (2001) destaca a importância de se aumentar o número de produtos com teor reduzido de sódio para manter as dietas de populações com problemas de hipertensão.

## 2.2 DEFINIÇÃO DE PRODUTO MARINADO

A marinagem é definida como o processo de incorporação e retenção de água pela carne, com os objetivos de aumentar seu aroma, suculência, maciez, sabor e coloração através da absorção de solução alcalina (pH maior que 7,5) contendo geralmente sódio e fosfatos (NUÑES-GONZALES, 2010).

A Instrução Normativa n° 64 do Ministério da Agricultura define aves temperadas como “produto cárneo industrializado, obtido de aves domésticas como Frango, Galinha, Peru, Marreco, Galinha D'angola e outros, adicionado de sal e Temperos durante seu processo tecnológico” (BRASIL, 2003).

Ainda não há legislação específica em relação aos padrões de identidade e qualidade para produtos marinados cozidos. A norma em que o produto poderia ser adequado é a Instrução Normativa n° 6, de 15 de fevereiro de 2001, do Ministério da Agricultura, que apresenta os Padrões de Identidade para “prato elaborado pronto ou semi-pronto contendo produtos de origem animal” (BRASIL, 2001).

## 2.3 MATÉRIA-PRIMA E INGREDIENTES

Nos próximos itens são descritos ingredientes, aditivos e matérias-primas utilizadas em produtos marinados, bem como suas respectivas funções.

### 2.3.1 Carne de Frango

Para produtos marinados, a característica bioquímica mais importante da carne de frango é sua capacidade de retenção de água (CRA), que irá influenciar diretamente na qualidade sensorial e rendimento. Os fatores que mais tem influência positiva na CRA, tanto na carne crua, congelada e descongelada são: pH elevado; degradação de ATP muscular lenta; armazenagem a temperaturas próximas a 0°C;

corte longitudinal às proteínas; baixa superfície de corte; maturação; gordura; presença de sal; presença de ácido (PARDI *et al.*, 1995).

### 2.3.2 Ingredientes e aditivos

A solução típica de salmoura envolve a elaboração de uma solução constituída de água, sal, ervas, temperos, aromatizantes e ingredientes funcionais como os fosfatos (XIONG; KUPSKI, 1999b). A seguir são apresentados os principais ingredientes e suas funcionalidades.

#### 2.3.2.1 Água

O principal componente de carnes é água, variando no entorno de 70% para a carne de frango. Está presente principalmente na miofibrila (70%), no sarcoplasma e no tecido conjuntivo (PARDI *et al.*, 1995). A água possui uma série de características particulares relacionadas a sua forte polaridade e às fortes ligações intermoleculares que apresenta, as quais acarretam na alta capacidade de ligação com outras moléculas polares, como as proteínas (SEBRANEK, 2009).

Para o mesmo autor, a interação carne-água é a característica mais importante para produtos marinados, pois dela depende a suculência, maciez, aroma e rendimento.

#### 2.3.2.2 Cloreto de Sódio (NaCl)

As principais funções do cloreto de sódio em produtos cárneos são emulsificação, extração de proteínas, retenção de água, retenção de gordura, redução da atividade de água, redução da atividade bacteriana, desenvolvimento de coloração, rendimento, textura, aroma e durabilidade (KARKI *et al.*, 2005).

O sal tem vital importância na solubilização e extração das proteínas miofibrilares, agindo na redução de seu ponto isoelétrico, ocasionando a despolimerização dos filamentos de miosina, dissociação da actomiosina e, auxiliando no aumento da capacidade de retenção de água. Isso acarreta em uma maior incorporação de água na carne, e ainda ajuda na sua retenção durante o cozimento, pois essas proteínas solubilizadas gelificam com o calor e evitam que a carne perca umidade (SEBRANEK, 2009).

Segundo Gillett *et al.*<sup>1</sup> (1977 *apud* SAHOO; SAJALA; KUMAR, 2004), a capacidade de solubilização de proteínas é importante para a textura de muitos produtos cárneos.

### 2.3.2.3 Fosfatos

Fosfatos são sais derivados do ácido fosfórico que agem em conjunto com o cloreto de sódio na extração das proteínas e aumentam a CRA. Através da liberação de grande quantidade de íons, aumentam a força iônica da salmoura, controlam o pH, reduzem a perda de umidade no cozimento (*shrink*), sequestram metais como ferro, reduzindo a oxidação, também sequestram íons como o  $\text{Ca}^+$  e o  $\text{Mg}^+$ , além de melhorar o aroma (BARBUT; BARBUT, 2002).

Como essas moléculas possuem superfície molecular carregada negativamente, têm capacidade de estabilizar emulsões, dispersões e suspensões. Assim como o cloreto de sódio, esses compostos afetam a carga superficial de proteínas, aumentando a sua capacidade de reter água e de formar gel (BUDENHEIM, 2000), além de facilitarem a extração de miofibrilas transversais, que reduzem a solubilização e extração da miosina (SEBRANEK, 2009). Pardi *et al.* (1995) cita a grande capacidade dessas moléculas formarem complexos com os íons de cálcio, reduzindo a sua disponibilidade e evitando a junção do complexo actina-miosina.

A funcionalidade desses compostos na CRA é conferida pelos ortofosfatos, com apenas uma molécula de fósforo, que agem especificamente sobre o complexo

---

<sup>1</sup> GILLETT *et al.* Parameters affecting meat protein extraction and interpretation of model system data for meat emulsions formation. **Journal of food science**, Chicago, v.42, p.1606-1610. 1977.

actina-miosina da carne. Os fosfatos de cadeias maiores funcionam semelhantemente, mas são convertidos a ortofosfatos por enzimas presentes na carne. (BUDENHEIM, 2000)

O fosfato mais utilizado pela indústria é o tripolifosfato de sódio (TPP) (BARBUT; BARBUT, 2002), devido à sua maior solubilidade em água quando comparados a similares com base potássica e cadeia menor. Há controvérsias sobre o tipo de fosfato que mais influencia na CRA, mas segundo Xiong e Kupski (1999a), os mais efetivos são os pirofosfatos, como o pirofosfato de sódio (Figura 3), seguido pelos tripolifosfatos, como o tripolifosfato de sódio (Figura 4). Outros autores também citam a melhor eficácia dos pirofosfatos (ALVARADO; MCKEE, 2007; BUDENHEIM, 2000), mas enfatizam sua baixa solubilidade em água gelada, e por isso estes podem ser combinados com fosfatos de cadeias mais longas e mais solúveis.

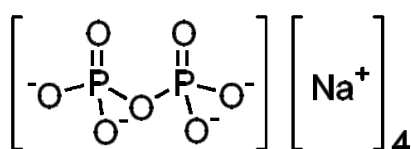


Figura 3 – Fórmula molecular do pirofosfato de sódio (TSPP)

Fonte: WIKIPEDIA, 2010a

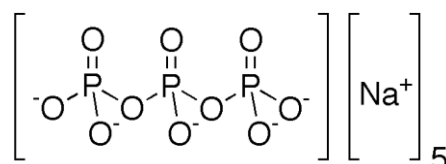


Figura 4 – Fórmula molecular do tripolifosfato de sódio (STPP)

Fonte: WIKIPEDIA, 2010b

A solubilização de proteínas é maior quanto maior for a temperatura. Porém, a solubilização imediata impede a absorção de fosfatos no interior do tecido. No ponto de congelamento, a solubilidade dessas proteínas é menor, facilitando a penetração dos fosfatos. Os melhores resultados de Budenheim (2000) foram obtidos iniciando o tamberamento (operação descrita no item 2.4) a temperaturas próximas ao congelamento, entre -4 e 0°C, e aumentando a temperatura ao longo do processo para que as proteínas se solubilizassem.

Em relação ao modo de ação, Yasui *et al.* (1964) indica que os pirofosfatos têm ação direta sobre o complexo actina-miosina, por isso agem mais rápido, sendo que os tripolifosfatos necessitam da enzima  $\beta$ -tripolifosfatase para serem hidrolisados e então agirem. Ao mesmo tempo que, quando hidrolisados, os pirofosfatos perdem sua funcionalidade, enquanto os tripolifosfatos agem por um período de tempo maior, sendo úteis em processamentos mais longos.

De acordo com a Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de 1998, as concentrações limites do Pirofosfato tetrassódico (INS 450iii) como estabilizante é de 0,5g/100g de produto. A mesma concentração limite é conferida ao Tripolifosfato de Sódio (INS 451i) (BRASIL, 1998a).

#### 2.3.2.4 Açúcares

Os açúcares redutores podem ser utilizados para escurecer superficialmente o produto, a fim de melhorar sua coloração e deixá-lo mais atraente visualmente. O escurecimento superficial é obtido durante o cozimento através da reação de Maillard, caracterizada pela produção de pigmentos escuros provenientes da reação de açúcares redutores e grupos amínicos (CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H., 1976) presentes na carne.

#### 2.3.2.5 Aromatizantes

Segundo a RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007, aromatizantes “são substâncias ou misturas de substâncias com propriedades odoríferas e ou sápidas, capazes de conferir ou intensificar o aroma e ou sabor dos alimentos” (BRASIL, 2007).

Esses aromatizantes podem ser naturais ou artificiais, sendo que os de origem natural possuem vantagens sobre os artificiais por apresentarem efeitos bactericidas, bacteriostáticos e antioxidantes, reduzindo a oxidação lipídica e aumentando a vida de prateleira. A maior parte das substâncias que conferem

aroma são voláteis, por isso tendem a ser perdidas durante o cozimento (BARBUT; BARBUT, 2002). Porém, as indústrias de aromas têm investido no desenvolvimento de tecnologias como a microencapsulação, que promove a estabilização e preservação de aromas ao longo do processamento e armazenamento (AZEREDO, 2005).

Os limites de concentração de aromatizantes em produtos cárneos salgados e cozidos são apresentados na Portaria 1.004, de 11 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998a).

#### 2.3.2.6 *Gomas*

Os hidrocolóides são compostos que formam géis em baixas concentrações, sendo adicionados para evitar a perda de umidade e melhorar a textura. A goma carragena (INS 407), particularmente, é muito utilizada em produtos cárneos. Para produtos cárneos salgados cozidos, a concentração máxima permitida é de 0,5g/100g de produto (BRASIL, 1998a).

#### 2.3.2.7 *Substituintes do cloreto de sódio*

O mais clássico substituinte do cloreto de sódio na manutenção do sabor salgado é o cloreto de potássio. Muitos sais possuem sabor salgado, mas a maioria deles fornece um sabor residual característico, o que acaba dificultando a sua utilização. Outro problema citado por alguns autores é a redução da CRA verificada para alguns substituintes do cloreto de sódio (SAHOO; SAJALA; KUMAR, 2004).

Segundo Barbut e Barbut (2002), o sabor salgado é conferido por cátions. Os ânions têm o poder de inibir o sabor salgado, sendo que quanto menos inibir, maior será o sabor. O  $\text{Cl}^-$  é um ânion pouco inibidor e ainda é isento de sabor residual, o que confere ao NaCl sabor salgado intenso. O residual amargo, conferido por alguns sais como o KCl, parece estar relacionado à soma de diâmetros dos íons gerados. Mesmo assim, sais como o LiCl, NaCl e KCl possuem diâmetros iônicos



baixos, causando pouco ou nenhum amargor em baixas concentrações, sendo que o amargor é maior quanto maior for o diâmetro iônico .

Em relação à sensibilidade, Feiner (2006) sugeriu que a maioria das pessoas poderia sentir o gosto residual do KCl a partir de 6%. Também cita que, na substituição de NaCl por KCl, deve ocorrer o acréscimo de 15% de KCl para manter a mesma solubilização das proteínas, pois a solubilização é causada pelo Cl<sup>-</sup>, que está em maior proporção no NaCl do que no KCl, já que o átomo de potássio é maior do que o átomo de sódio. O KCl é considerado seguro para consumo (GRAS).

Produtos como os *taste enhancers*, ou melhoradores de sabor, vêm sendo utilizados para reduzir o sabor residual, como extratos de levedura, lactatos, glutamato monossódico e nucleotídeos. Esses melhoradores ativam receptores na boca e na garganta, compensando a redução de sal (PÉREZ-ALVAREZ *et al.*, 2010).

### 2.3.3 Legislação de produtos com teor reduzido de sódio

A Portaria n ° 27 da ANVISA, de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998b), que aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar, que especifica os níveis de sódio máximos para se utilizar a alegação de “Baixo teor de sódio” ou “Reduzido teor de sódio”. Para a alegação de “Baixo teor de sódio”, a quantidade máxima é de 120mg de Na/100g de produto, e para a alegação comparativa “Reduzido teor de sódio” é necessário que haja redução mínima de 25% em sódio, e ainda, uma diferença de 120mg de Na por 100g de produto em relação ao produto padrão.

## 2.4 PROCESSAMENTO: MARINAGEM

A marinagem é a imersão de carnes em soluções contendo cloreto de sódio e especiarias, desenvolvido com a finalidade de aumentar qualidades sensoriais como aroma, maciez e suculência, permitindo ao mesmo tempo o

aumento da vida útil através da redução da atividade de água (NUÑES-GONZALES, 2010).

As técnicas de marinagem e as transformações físico-químicas da carne são abordadas nos itens a seguir.

#### 2.4.1 Transformações físico-químicas

As transformações físico-químicas da carne durante a marinagem ocorrem devido à propriedade de retenção de água das proteínas miofibrilares, através do efeito estérico de repulsão dessas proteínas causadas pela sua reatividade (NUÑES-GONZALES, 2010).

No ponto isoelétrico das proteínas (pH 5,2), a maior parte das proteínas se encontra ionizada em  $\text{COO}^-$  e  $\text{NH}_3^+$ . Essas cargas se atraem, fazendo com que as proteínas tenham baixa CRA, baixa solubilidade e baixo efeito de capilaridade. Com a adição de fosfatos e sais como NaCl, ocorre a solubilização das proteínas e a abertura do complexo de actina-miosina. O efeito de ambos é sinérgico, pois os fosfatos causam a abertura do complexo, e a presença do NaCl causa a repulsão eletrostática dos filamentos, aumentando o espaçamento entre eles. A água então penetra nesses espaços e são mantidas por forças de capilaridade. O grau de solubilização aumenta com o emprego de forças mecânicas, pois ela auxilia a abertura da estrutura protéica (FEINER, 2006).

Nem todas as proteínas musculares possuem a mesma capacidade de reter água como as miofibrilares. As proteínas sarcoplasmáticas são solúveis em água, mas têm pouca capacidade de retê-la. Já as miofibrilares são solúveis em soluções salinas e possuem maior capacidade de reter água. Um fator muito importante nas propriedades físico-químicas ligadas às proteínas musculares é o *rigor mortis*, caracterizado pela produção de ácido láctico durante o ciclo anaeróbico da glicólise e consequente redução de pH. Com o aumento da acidez, as proteínas atingem o seu ponto isoelétrico e se solubilizam, inclusive as miofibrilares, que ligam a água e a imobilizam. À medida que o pH vai se afastando do ponto isoelétrico, a quantidade de água imobilizada aumenta, bem como a quantidade de grupos reativos que possuem capacidade de reter água (NUÑES-GONZALES, 2010).

Segundo Mead (2004), apesar de se ter bastante conhecimento sobre os aspectos físico-químicos e funcionalidades da carne, a marinagem é um processo muito dependente do equipamento em que é realizado, da formulação de salmoura e das dimensões da matéria-prima, o que o faz um processo difícil de ser comparado.

#### 2.4.2 Métodos de marinagem

Nos lares, a marinagem tradicional consiste na simples imersão da carne em salmoura, deixando macerar por algumas horas. Na indústria, ela é realizada pelo massageamento (tambleamento) ou injeção direta na carne, o que aumenta a velocidade e a intensidade do tratamento. A injeção é realizada por agulhas que perfuram a carne, adicionando a quantidade exata de salmoura a ser absorvida.

O tambleamento, operação utilizada neste trabalho, consiste no massageamento da carne em salmoura através de um tambor rotativo, que suspende as peças e estas caem e se chocam com outras peças e com as paredes do tambor. Através da energia cinética aplicada, os filamentos são abertos e a salmoura é agregada, conferindo assim coesão, rendimento e maciez ao produto (VARNAM; SUTHERLAND, 1995; NUÑES-GONZALES, 2010).

O equipamento utilizado para esse processo é chamado de *Tumbler*, mostrado na Figura 5, e se caracteriza por um tambor horizontal rotatório, com haletas internas que auxiliam no movimento de subida do produto e posterior queda sobre as paredes do tambor ou sobre outras peças, conforme mostrado nas Figuras 6 e 7. Os designs dos *tumblers* são desenvolvidos para maximizar o massageamento do produto para máxima absorção sem causar danos à estrutura da carne (MEAD, 2004). O tambleamento é uma operação que requer a verificação do tempo ótimo para que o processo tenha o máximo rendimento e adesão. Uma operação demasiado prolongada ou intensa pode causar defeitos de textura (VARNAM; SUTHERLAND, 1995). Alguns parâmetros utilizados no processamento de carne marinada podem ser visualizados na Tabela 1.

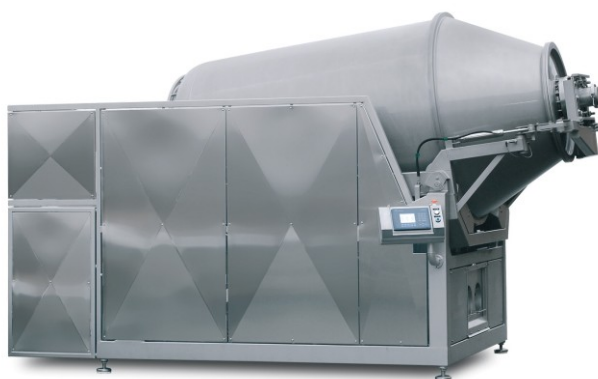


Figura 5 – Modelo de *Tumbler*  
Fonte: CFS, 2010.



Figura 6 – Design das haletas do *tumbler*  
Fonte: CFS, 2010.



Figura 7 – Foto do *tumbler* carregado

Tabela 1 - Tipos de tambleamento

Operação	Tempo de duração
Tambleamento contínuo	2 a 3 horas
Tambleamento intermitente curto	
Primeiro tambleamento	0,5 a 1 hora
Descanso	16 a 24 horas
Segundo tambleamento	0,5 a 1 hora
Tambleamento intermitente longo	
Tambleamento	5 a 20 minutos durante 18 a 24 horas
Descanso	No restante do tempo

**Fonte:** Varnam e Sutherland (1995)

O tambleamento pode ser realizado à pressão atmosférica, positiva ou negativa. Alguns *tumblers* funcionam sob regime de vácuo, e outros têm sido testados a altas pressões para acelerar o processo e torná-lo mais uniforme (MEAD, 2004). A utilização do vácuo ainda é controversa, pois alguns estudos verificaram que ele aumenta a absorção de salmoura, mas não a retém no cozimento (SMITH; YOUNG, 2007; YOUNG *et al.*, 2004).

O funcionamento do vácuo parte do princípio de que os alimentos são porosos e que possuem gases oclusos dentro de si. Com a imposição de pressões negativas, esses gases expandem, saindo do alimento e fazendo com que parte do líquido interno seja drenado para fora. Ocorre um equilíbrio entre as pressões interna e externa, e as forças de capilaridade permitem a entrada de salmoura. No restabelecimento da pressão, o gás residual dentro do alimento se comprime e permite a impregnação dos poros com a solução. Essas mudanças permitiriam uma melhor impregnação, reduzindo o tempo nos processos de salga de carnes, peixes e queijos (SCHMIDT; CARCIOFI; LAURINDO, 2008).

Nos EUA, tambleamento é o método industrial mais utilizado no processamento de carne de frango marinado, tem crescido enormemente nos últimos anos devido ao seu potencial de aumentar a maciez, rendimento e aceitabilidade de filés de peito de frango. (NUÑES-GONZALES, 2010)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na empresa Dour Frangosul S/A Agroavícola em Montenegro, RS, no laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento e na unidade de produção de empanados. As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório da empresa.

#### 3.1 MATÉRIAS-PRIMAS E INGREDIENTES

Foram utilizados 30 kg de filés de peito de frango, refrigerados a 1,5°C, provenientes do frigorífico da unidade da Dour em Passo Fundo – RS. Os filés possuíam as seguintes características: corte longitudinal; dimensões aproximadas de 15 cm altura x 5 cm largura; massa média de 20g; e temperatura de 0 e 2°C. Esses filés podem ser visualizados na Figura 8.



Figura 8 – Foto de filés de peito de frango

Os ingredientes e aditivos utilizados foram: água, dextrose, cloreto de sódio não iodado (NaCl), cloreto de potássio (KCl), aromatizantes, goma carragena em pó, pirofosfato de sódio (TSP) e tripolifosfato de sódio (STPP). Todas as formulações estão descritas no item 3.4.8.

### 3.2 FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO EM LABORATÓRIO

A Figura 9 apresenta o fluxograma para operação realizada no laboratório, cujas principais operações são descritas a seguir:

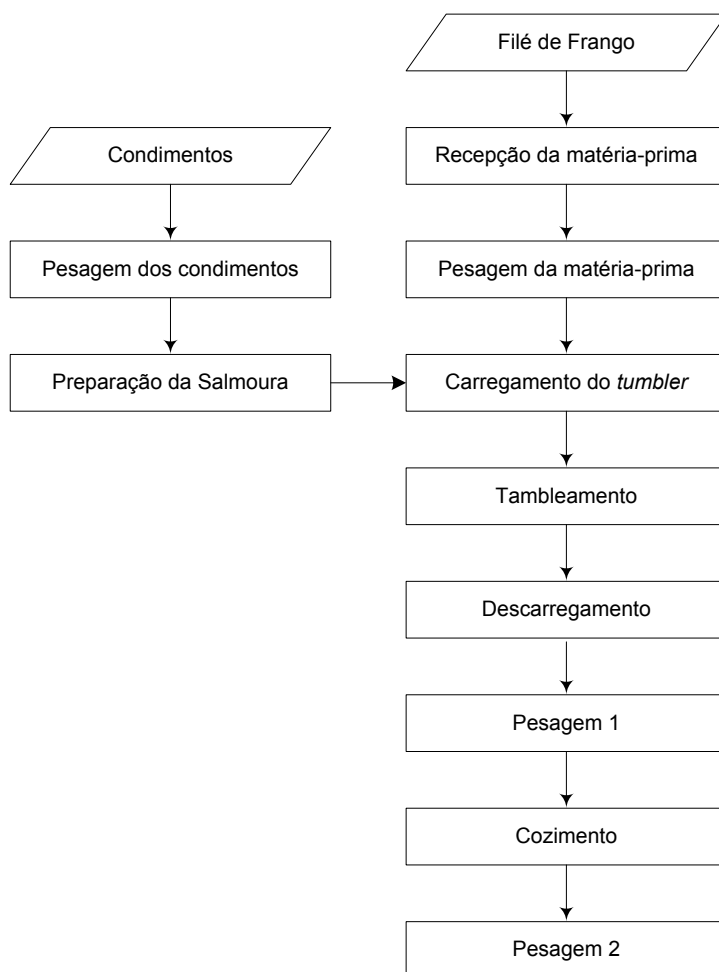


Figura 9 - Fluxograma da operação em laboratório

a) Preparação da Salmoura: para o tambleamento da amostra, preparou-se a salmoura, peneirando-se os condimentos à água gelada a 1°C em uma bacia, obedecendo a sequência polifosfatos, sal, e o restante dos ingredientes. Para melhor dissolução dos fosfatos e a manutenção de baixas temperaturas, a solução foi armazenada à temperatura de -18°C por 15 minutos. As formulações podem ser verificadas no item 3.4.8;

b) Carregamento do *tumbler*: depois de preparada salmoura, carregou-se o tambor do *tumbler* com os filés e adicionou-se lentamente a salmoura, misturando-se levemente a fim de evitar gradientes de absorção entre as amostras.;

c) Tumbleamento: o tumbleamento foi realizado no Tumbler piloto Inject Star, da Hollstein & Fuhrmann GmbH, adaptado a um tambor de 15kg. Depois de carregar o tambor, vedou-se a tampa e conectou-se à bomba de vácuo (Hollstein & Fuhrmann, modelo TVAP 1996), atingindo pressões inferiores a 76 mmHg. Atingido o vácuo, a bomba foi desligada e o tambor foi acoplado ao rotor do tumbler. Programou-se o tempo de operação de acordo com o tipo de teste. Durante todos os experimentos, o equipamento foi conduzido e deixado em uma câmara fria a 10°C, já que este não possuía sistema de refrigeração próprio. Os parâmetros de operação como velocidade de rotação de 16 RPM, a pressão inferior a 76mmHg e o tempo de 30 minutos foram mantidos constantes. Tradicionalmente, o tempo de processamento no tumbler piloto é de 30 minutos, e não de 60 minutos como o industrial, pois processamentos mais prolongados acarretam no rompimento das fibras musculares e destruição da matéria-prima. A Figura 10 e a Figura 11 exibem o equipamento em funcionamento e produto após o tumbleamento.;



Figura 10 – Foto do *Tumbler* Inject Star





Figura 11 – Foto dos filés de frango após tampleamento

d) Pesagem 1: depois do tampleamento, os filés foram dispostos paralelamente em formas forradas internamente com papel alumínio. As formas vazias e cheias foram pesadas.;

e) Cozimento: as amostras foram cozidas em um forno Tedesco, modelo TC-6E, sem vapor, à temperatura de 180°C, sendo o forno pré-aquecido antes da operação. O tempo de cozimento foi de, aproximadamente, 15 minutos, o qual deve corresponder à temperatura interna (ponto de mais lento aquecimento) de 93°C. As porções de carne localizadas nas bordas da forma e as pontas dos filés foram descartadas. As Figuras 12 e 13 mostram as peças durante o cozimento e uma peça cozida.



Figura 12 – Foto das peças durante o cozimento



Figura 13 – Foto de um filé marinado cozido

f) Pesagem 2: a forma foi novamente pesada para verificação do rendimento de cozimento.

### 3.3 FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO INDUSTRIAL

A Figura 14 apresenta o fluxograma para operação industrial, que consiste das operações realizadas na fábrica, cujas principais operações são descritas a seguir:

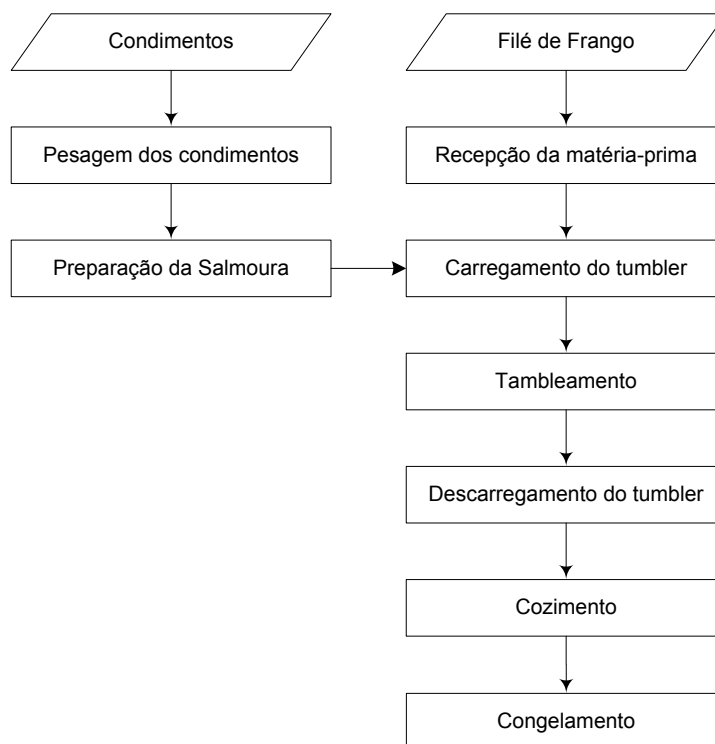


Figura 14 - Fluxograma da operação industrial

a) Carregamento do tumbler: o carregamento dos filés no Tumbler foi realizado em carrinhos de inox suspensos por elevadores, que elevam e tombam a carne dentro do tambor. Depois de carregado, adicionou-se a salmoura previamente preparada no misturador de salmoura.;

b) Preparação da Salmoura: a preparação foi feita em um misturador de salmoura, onde os condimentos foram solubilizados em água gelada a 1°C, adicionando-se primeiro os fosfatos. Posteriormente, a salmoura foi bombeada até o interior do tumbler. Esse misturador é dotado de um tanque, um agitador e uma bomba. Através de um controlador de vazão, adicionou-se uma quantidade específica de água, e os ingredientes foram colocados manualmente, com o agitador ligado. Quando os ingredientes se solubilizaram, a salmoura foi bombeada para dentro do tumbler. Nesse tipo de processamento utilizou-se apenas a formulação padrão, descrita no item 3.4.8;

c) Tumbleamento: o tumbleamento foi realizado no tumbler Scanmidi, tipo TRC, com capacidade máxima de 2700 kg. Os parâmetros de operação foram: velocidade de rotação de 9 RPM, o vácuo superior a 190mmHg e o tempo de 60 min. foram mantidos constantes. Depois de tumbleados, os filés foram descarregados e destinados ao cozimento.;

d) Cozimento: o cozimento foi realizado em um forno contínuo helicoidal, com umidade, temperatura e convecção controlada, até que o ponto mais frio no interior dos filés atingisse pelo menos 80°C.;

e) Congelamento: o congelamento foi realizado em um congelador contínuo helicoidal, até que o ponto mais quente no interior dos filés atingisse no máximo -18°C.

### 3.4 MÉTODOS DAS ANÁLISES

Os métodos de análises são apresentados nos itens a seguir.

#### 3.4.1 Rendimento de cozimento

Para o cálculo do rendimento de cozimento (RC) foram dispostos aproximadamente 2kg de produto marinado em formas, sendo essas amostras pesadas antes do cozimento ( $P_{mar}$ ) e depois do cozimento ( $P_{coz}$ ). O rendimento de cozimento foi calculado pela diferença de peso verificada, conforme equação abaixo.

$$RC = 100 * \frac{P_{mar} - P_{coz}}{P_{mar}}$$

### 3.4.2 Teor de umidade

As análises de umidade foram realizadas de acordo com a Instrução Normativa nº20, de 21 de julho de 1999 do MAPA (BRASIL, 1999).

### 3.4.3 Teor de cloreto de sódio

As análises de cloreto de sódio foram realizadas de acordo com a AFNOR - Associação Francesa de Normas/NF V04-405, 1972<sup>2</sup>.

### 3.4.4 pH

O pH foi medido em um peagâmetro, sendo este tomado: no produto cru, depois da marinagem e cozido. O método utilizado é descrito pela Instrução Normativa nº20, de 21 de julho de 1999 do MAPA (BRASIL, 1999).

### 3.4.5 Teores de gordura e proteína

Os percentuais de gordura e proteína foram determinados conforme a Instrução Normativa nº20, de 21 de julho de 1999 do MAPA (BRASIL, 1999).

---

<sup>2</sup> ASSOCIAÇÃO FRANCESA DE NORMAS. **NF V04-405**: determinação do teor de cloretos. Saint Denis: AFNOR, 1972. Disponível em: <<http://www.boutique.afnor.org>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

#### 3.4.6 Análise da variação de parâmetros físico-químicos ao longo do tambleamento (tumblers piloto e industrial)

Os valores dos teores de umidade, cloreto de sódio e pH das amostras retiradas após o tambleamento em laboratório (10, 20, 30 min) e industrial (15, 30, 45 e 60 min) foram graficados em função do tempo.

Os métodos de avaliação da taxa de absorção são geralmente calculados pela diferença de peso de toda a batelada antes, durante e depois do tambleamento, experimento este inviabilizado pela grande quantidade de amostra por batelada no *tumbler* industrial. Por isso, utilizou-se a comparação dos processos piloto e industrial através de análises de umidade, pH e cloreto de sódio de amostras coletadas ao longo do tempo de processamento.

#### 3.4.7 Análise Sensorial

As análises sensoriais foram realizadas no setor de P&D da Doux Frangosul S/A, em Montenegro, RS, nos dias 25 de setembro, 14 e 15 de outubro de 2010, às 10h 30min. O número de provadores foi de 30, com percentual de 50% homens e 50% mulheres. Os parâmetros avaliados foram: aceitação do sabor salgado, aceitação da maciez, aceitação da suculência e aceitação global.

Os provadores foram instruídos a avaliar a aceitação de cada atributo, utilizando uma escala hedônica de 9 pontos (1 – desgostei muitíssimo a 9 – gostei muitíssimo) e ainda foram orientados a provar as amostras no sentido horário e beber água entre cada amostra, conforme Apêndice A.

As amostras foram servidas a uma temperatura de, aproximadamente, 60°C. Cada amostra possuía área superficial aproximada de 4cm x 3cm e 25g. Todas as pontas dos filés foram descartadas para que não houvesse gradientes de umidade e sabor.

Cada provador recebeu um prato com as amostras codificadas, uma caneta, uma ficha como apresentado no Apêndice A e um copo de água.

### 3.4.8 Planejamento experimental: Composição da salmoura

Com o intuito de otimizar a substituição de cloreto de sódio e tripolifostato de sódio, utilizou-se um planejamento experimental para definir a concentração desses ingredientes nas salmouras.

A partir da formulação padrão (obtida a partir de provas preliminares) mostrado na Tabela 2, chamada de formulação M, foi elaborada a formulação básica experimental, que resultou da substituição mínima de 25% de sódio neste tipo de produto, conforme legislação (BRASIL, 1998b). Nesta formulação manteve-se constante os percentuais de carne, água e aditivos (constituídos por goma carragena, dextrose e aromatizantes), variando somente os teores de NaCl e STPP (Tabela 3). Dessa forma as variáveis de estudo foram: substituição de STPP e substituição de NaCl.

As outras quatro formulações foram estudadas a partir da formulação básica experimental. Para isso foi empregado um desenho fatorial, cujos níveis se encontram na Tabela 4 e o planejamento experimental empregado foi de  $2^2$  com ponto central, descrito por Barros Neto, Scarminio e Bruns (1996), mostrado na Tabela 5. O tratamento D correspondeu ao limite mínimo de substituição de sódio (25%).

As respostas foram: rendimento de cozimento, teor de umidade, aceitação do sabor salgado, aceitação da maciez, aceitação da succulência e aceitação global.

Tabela 2 - Formulação Padrão de produto marinado (M)

Ingrediente (%)				
Carne	Água	NaCl	STPP	Aditivos
80,000	15,900	1,335	0,500	2,265

Tabela 3 - Percentuais de sódio da Formulação Padrão e Formulação básica experimental

	Formulação Padrão*	Formulação Básica Experimental*
Cloreto de sódio (NaCl)	1,335%	0,856%
Cloreto de potássio (KCl)	-	0,479%
Tripolifosfato de sódio (STPP)	0,500%	0,144%
Pirofosfato de sódio (TSPP)	-	0,356%

**Nota:** (\*) Percentuais dos ingredientes/aditivos no produto

Tabela 4 - Níveis das Variáveis Estudadas

Variáveis	Níveis		
	-1	0	1
Substituição de STPP (%STPP/ %TSPP)*	28,8% (0,356/0,144)*	50,0% (0,250/ 0,250)*	71,2% (0,144/ 0,356)*
Substituição de NaCl (%NaCl/ %KCl)*	35,9% (0,856/0,479)*	50,0% (0,667/ 0,667)*	64,1% (0,479/0,856)*

(\*) Percentuais dos ingredientes/aditivos no produto

Tabela 5 - Estrutura do planejamento experimental completo 2<sup>2</sup> mais três pontos centrais

Tratamento	Variáveis Codificadas (xi)		Variáveis reais (X)	
	Substituição de Fosfatos	Substituição de Cloretos	Substituição de Fosfatos	Substituição de Cloretos
			Substituição de STPP (% STPP; %TSPP)*	Substituição de NaCl (% NaCl; %KCl)*
A	-1	1	28,8% (0,356; 0,144)	64,1% (0,479; 0,856)
B	1	1	71,2% (0,144; 0,356)	64,1% (0,479; 0,856)
C	-1	-1	28,8% (0,356; 0,144)	35,9% (0,856; 0,479)
D	1	-1	71,2% (0,144; 0,356)	35,9% (0,856; 0,479)
E	0	0	50,0% (0,250; 0,250)	50,0% (0,667; 0,667)
F	0	0	50,0% (0,250; 0,250)	50,0% (0,667; 0,667)
G	0	0	50,0% (0,250; 0,250)	50,0% (0,667; 0,667)

**Notas:** a) xi: variáveis codificadas correspondendo a -1, 0 ou 1;  
b) X: variáveis reais (proporções reais utilizadas no experimento);  
(\*) Percentuais dos ingredientes/aditivos para o tratamento.



As análises sensoriais foram realizadas em três sessões. Na primeira sessão foram analisados 2 tratamentos (D e M), na segunda, três tratamentos (B, E e F) e na última, também foram avaliados três tratamentos (A, C e G), sendo cada uma codificada conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Codificação das amostras

Tratamento	Fosfatos	Sais	Código
A	-1	1	764
B	1	1	620
C	-1	-1	902
D	1	-1	345
E	0	0	481
F	0	0	559
G	0	0	043
M	Padrão		193

#### 3.4.9 Análise Estatística

Os resultados das análises sensoriais, teor de umidade, pH e rendimento de cozimento foram analisados no programa *Statistica 7.0 (statsoft)*, empregando a ANOVA, a prova de comparação de médias entre tratamentos de Tukey e o teste de correlação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DA MATÉRIA-PRIMA

As análises físico-químicas realizadas na matéria-prima resultaram em teor de umidade de  $2,87 \pm 0,08$  g de água/ g de sólidos, teor de proteínas de  $0,82 \pm 0,01$  g/ g de sólidos e pH de  $5,92 \pm 0,02$ . O teor de cloretos foi inferior 0,1g/ g sólidos.

Os resultados estão de acordo com a literatura, que indica teor de umidade de 2,98 g de água/ g sólidos, 0,92 g de proteína/ g de sólidos para carne branca de frango (PARDI *et al.*, 1995) e pH de 6,0 (BARBUT; BARTBUT, 2002).

### 4.2 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AO LONGO DO TAMBLEMENTO (*TUMBLERS* PILOTO E INDUSTRIAL)

O propósito destes testes foi comparar o funcionamento dos *tumblers* piloto e industrial com o intuito de observar as diferenças entre estes dois equipamentos, sugerir melhorias, entender e aperfeiçoar o sistema de tamblemento industrial.

Para esse fim, foi avaliada a variação do teor de cloreto, umidade e pH ao longo do tempo de tamblemento, utilizando a formulação padrão (descrita no item 3.4.8).

#### 4.2.1 *Tumbler* piloto

As variações do teor de cloreto de sódio, umidade e pH em função do tempo na operação de tamblemento piloto são mostradas nas Figuras 15, 16 e 17 e no Apêndice B.

Na Figura 15, se observa que o teor de cloretos aumenta com o tempo, sendo que a maior taxa de absorção se deu nos primeiros 10 minutos, o qual

representou 85% do total absorvido para este sal. Esse resultado indica a alta velocidade de associação do cloro às proteínas da carne, como mencionado por Lawrie e Ledward (2006). Após 20 minutos, a carne ainda mostrou capacidade de absorver sal, pois ainda não atingiu o equilíbrio, o que poderia indicar que o tampleamento foi insuficiente para a completa absorção de salmoura. Contudo, foi observado que não houve sobra de salmoura dentro do tambor, indicando que poderia ter-se usado um volume maior de salmoura em cada batelada.

Na Figura 16 é exibido o aumento do teor de umidade com o tempo. Porém, ao contrário do teor de cloretos, após 20 minutos o processo de absorção de água se estabiliza, sendo observado pouco aumento de umidade após esse período. Xiong e Kupski (1999a) afirmam que o processo de absorção é dependente do tempo, por isso a entrada de água na carne pode ser considerada um processo cinético. Quanto maior o tempo de processamento, maior é a absorção de salmoura, assim como a extração e solubilização das proteínas miofibrilares, aumentando dessa forma a retenção de água (XARGAYÓ; LANGARES, 1992).

Quando comparadas as Figuras 15 e 16, se observa que os teores de umidade e cloreto de sódio possuem um comportamento cinético de absorção similar, sendo que o processo de transporte do NaCl e da água na carne se dá por difusão (HANSEN *et al.*, 2008).

O pH inicial da carne foi de  $5,92 \pm 0,02$  e à medida que transcorreu o tempo de tampleamento o pH aumentou até 6,2. Yasui *et al.* (1964) mostrou que os tripolifosfatos não têm ação imediata sobre a carne, pois necessitam ser hidrolisados pelas fosfatases presentes na carne para terem funcionalidade. Sendo o processo de hidrólise enzimática dos fosfatos dependente do tempo (LI *et al.*, 2001), o pH pode ter aumentado somente depois da hidrólise do STPP.

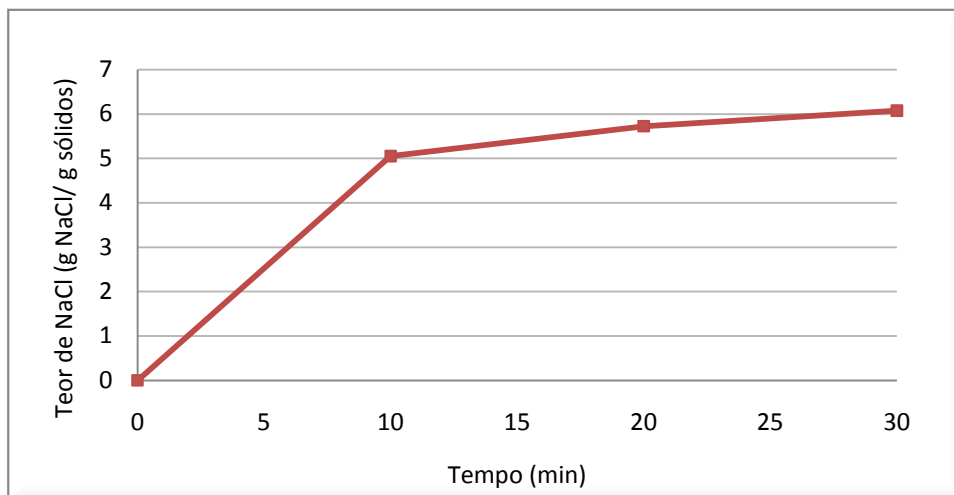


Figura 15 - Variação do teor de cloreto de sódio em função do tempo em filés de frango processados em *tumbler* piloto

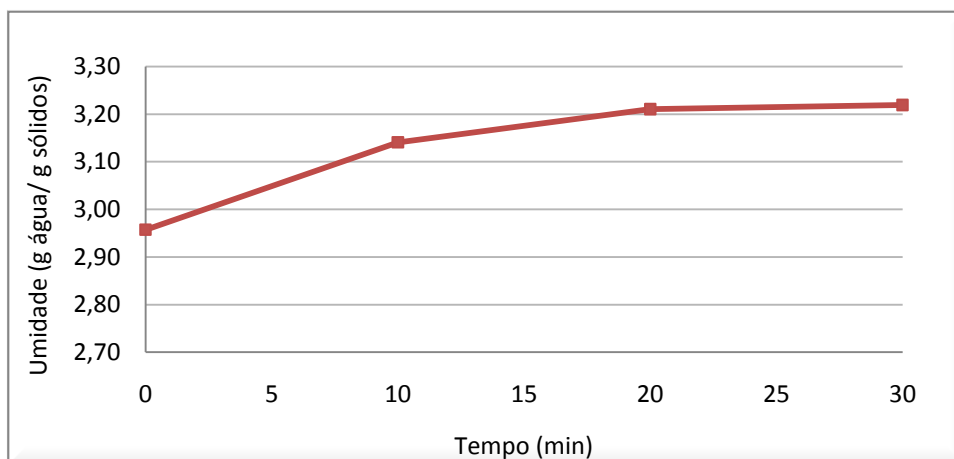


Figura 16 - Variação do teor de umidade em função do tempo em filés de frango processados em *tumbler* piloto

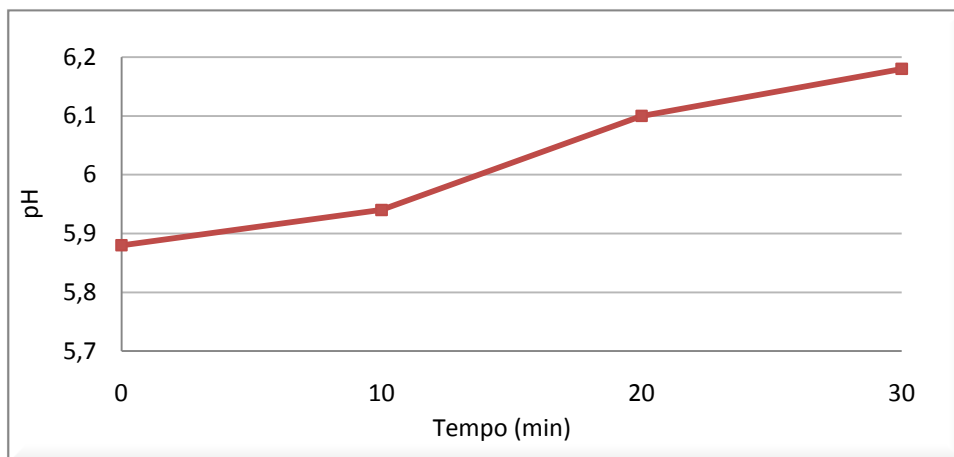


Figura 17 - Variação do pH em função do tempo em filés de frango processados em *tumbler* piloto

#### 4.2.2 *Tumbler* industrial

A variação dos teores de cloreto de sódio, de umidade e pH em função do tempo na operação de tangleamento industrial são mostrados nas Figuras 18, 19 e 20 e no Apêndice B.

Na Figura 18, se observa que a absorção máxima de sal se deu após 15 minutos de tangleamento. No entanto, na Figura 19, se observa que a absorção de água aumentou com o tempo, não atingindo o equilíbrio mesmo aos 60 minutos.

A lenta absorção de água no músculo pode ser devido à falta de eficiência do vácuo, pois a pressão absoluta atingida pelo equipamento foi 190mmHg, enquanto o equipamento pode atingir 76mmHg. O vácuo contribui no aumento da absorção de salmoura em produtos cárneos. (SCHMIDT; CARCIOFI; LAURINDO, 2008; DEUMIER *et al.*, 2003).

Quanto ao pH se observa que este se estabiliza após 15 minutos de processamento (Figura 20).

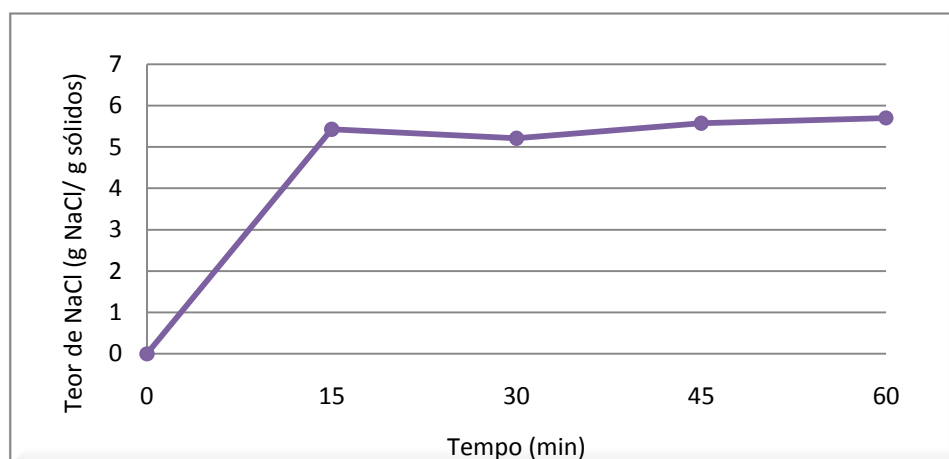


Figura 18 - Variação do teor de cloreto de sódio em função do tempo em filés de frango processados em *tumbler* industrial

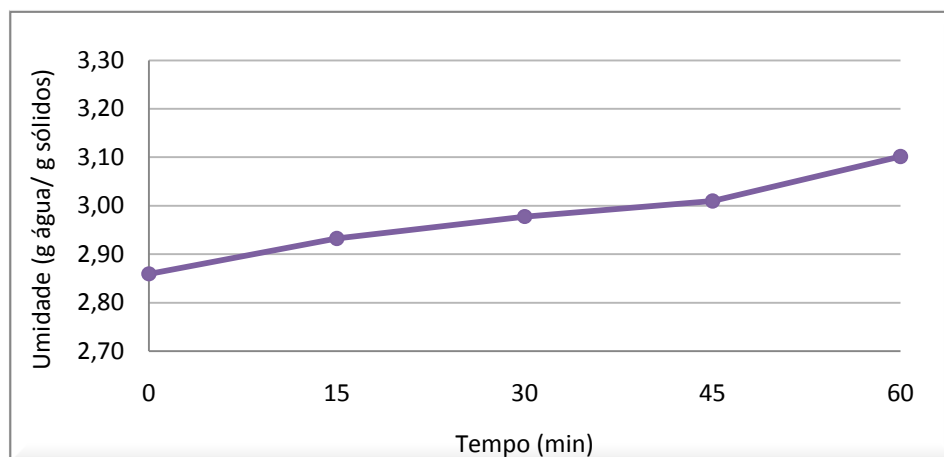


Figura 19 - Variação do teor de umidade em função do tempo em filés de frango processados em *tumbler* industrial

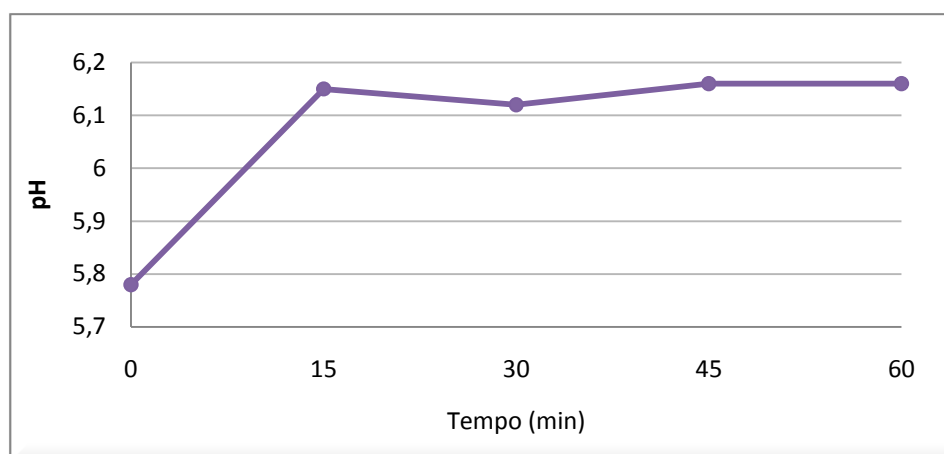


Figura 20 - Variação do pH em função do tempo em filés de frango processados em *tumbler* industrial

#### 4.2.3 Comparação entre os equipamentos de tambleamento

Os resultados comparativos da absorção de cloreto de sódio, e variação de umidade e pH para os dois equipamentos são apresentados nas Figuras 21, 22 e 23 respectivamente.

Quanto à absorção de cloreto de sódio, pode-se observar que esta foi bastante rápida em ambos casos. Segundo Lawrie e Ledward (2006), a ionização do NaCl é muito rápida, bem como a associação de seus íons às proteínas da carne, o que pode ter explicado a rapidez com que a sua absorção ocorreu em ambos casos.

Em relação à presença de fosfatos, eles são geralmente relacionados ao aumento da absorção de salmoura (YOUNG; LYON, 1997). Contudo, Smith e Young (2007) e Young *et al.* (2004) observaram nenhuma influência dos fosfatos na absorção, apresentado efeito positivo apenas no rendimento de cozimento, utilizando carcaças logo após o abate. Considerando a ação que os polifosfatos têm na abertura dos filamentos de actomiosina, a falta de ação dos polifosfatos pode ter sido observada devido à possível presença de reservas de ATP musculares, exercendo efeito semelhante aos polifosfatos (BARBUT; BARBUT, 2002).

Quanto à absorção de umidade, a taxa de absorção foi maior no *tumbler* piloto, que conseqüente atingiu mais rapidamente o equilíbrio de absorção (Figura 22). É possível que o vácuo tenha influenciado positivamente nessa absorção, pois este foi maior no *tumbler* piloto do que no *tumbler* industrial (76 e 190mmHg, respectivamente). A utilização do vácuo para o aumento do rendimento ainda gera controvérsias. Muitos autores indicam que o vácuo aumenta a absorção de salmoura (YOUNG; LYON, 1997; YOUNG; SMITH, 2004), contudo alguns sustentam que esse excedente de água é perdido por exsudação ou durante o cozimento (YOUNG; SMITH, 2004).

Schmidt, Carciofi e Laurindo (2008) realizaram experimentos com filés de peito de frango imersos em salmoura (não tambeados), submetidos a pressões reduzidas e atmosféricas, conseguindo um aumento de 78% na massa de água final do produto submetido a vácuo (6,6g água/ 100g filé) em comparação ao processo à pressão atmosférica (3,7g água/ 100g filé). Segundo estes autores, o vácuo permite a saída de gases oclusos dentro do alimento devido à sua expansão, fazendo com que parte do líquido interno seja drenado para fora. As pressões interna e externa se equilibram, e as forças de capilaridade permitem a entrada de líquido. No restabelecimento da pressão, o gás residual dentro do alimento se comprime e permite a impregnação dos poros com a solução. Essas mudanças permitiriam melhor impregnação do produto, reduzindo o tempo nos processos de salga de carnes, peixes e queijos (SCHMIDT; CARCIOFI; LAURINDO, 2008). Segundo esses autores, a superfície de contato do tecido muscular e da salmoura no processo a vácuo seria muito maior devido ao maior preenchimento dos poros, reduzindo os caminhos difusivos e aumentando a homogeneidade de concentrações no produto.

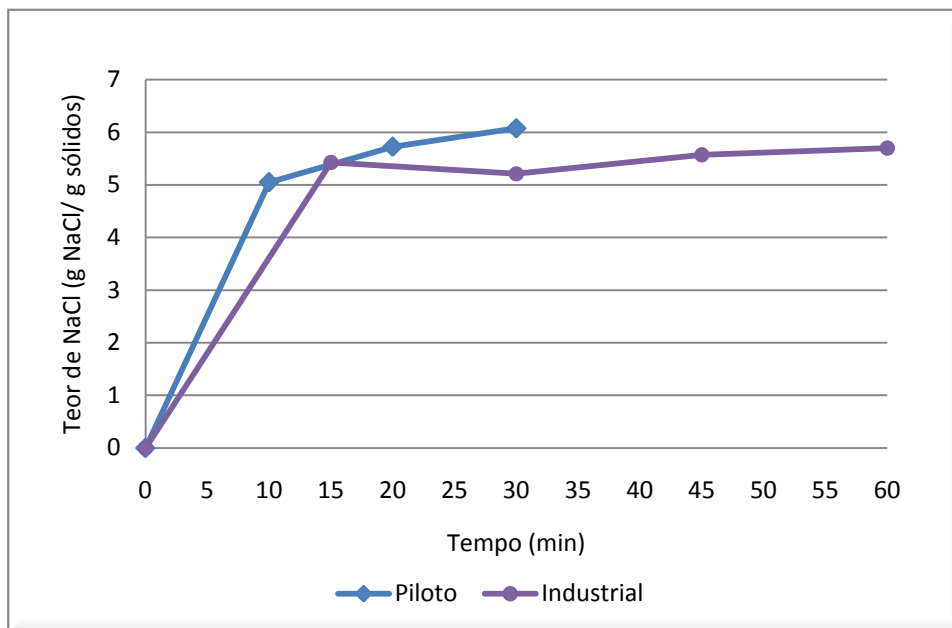


Figura 21 - Variação do teor de cloreto de sódio em função do tempo em filés de frango processados em escala piloto e industrial

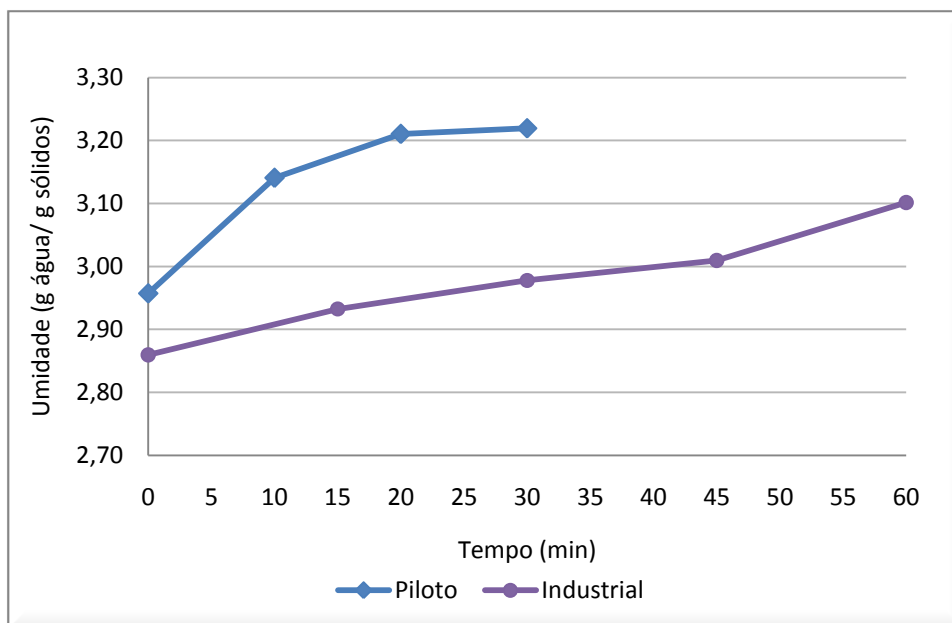


Figura 22 - Variação do teor de umidade em função do tempo em filés de frango processados em escala piloto e industrial



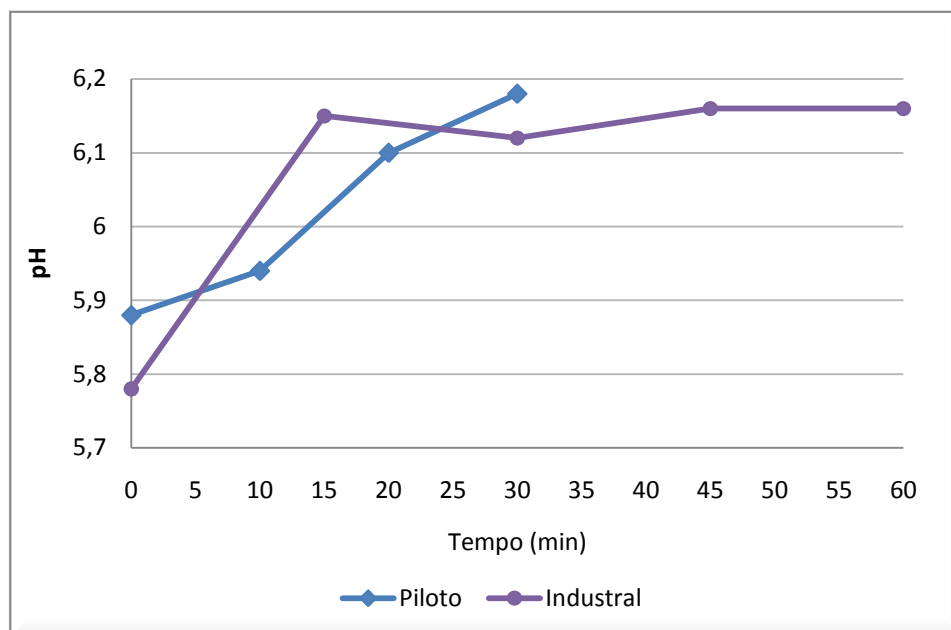


Figura 23 - Variação do pH em função do tempo em filés de frango processados em escala piloto e industrial

É importante considerar na comparação entre os equipamentos suas diferenças de design, principalmente o das haletas e o diâmetro de tambor. O formato e tamanho das haletas influenciam na altura da queda das peças, bem como a rotação horária ou anti-horária, conforme a Figura 24.

Segundo Xargayó e Langares (1992), o sentido de rotação determina o tipo de efeito na carne: tambleamento (ou efeito de impacto) ou massageamento (ou efeito de fricção). O primeiro se caracteriza por maior impacto gerado pela queda do produto sobre as outras peças, absorvendo mais salmoura. O segundo se caracteriza pela fricção das peças com as outras e com as paredes do tambor, preservando mais a estrutura da carne.

Dependendo da elevação, a queda das peças pode ser intensa demais, gerando prejuízos à estrutura da carne, perda de líquidos e fibras, e redução da CRA devido à destruição dos espaços interfibrilares. Apesar de ter menor diâmetro, se observou em testes preliminares que o tambleamento no *tumbler* piloto no intervalo maior que 30 minutos ocasionava a destruição da estrutura da carne, o que não ocorreu em 60 minutos de operação no industrial. Devido ao menor diâmetro, o equipamento piloto gera maior número de tombamentos e maior abertura das fibras, o que pode ter proporcionando a incorporação de água mais rápida. Já o

equipamento industrial gera menos quedas, mas com maior altura. Porém seu nível de preenchimento é muito maior, pois a capacidade máxima do equipamento (2500 kg) foi totalmente utilizada (100%), enquanto o tambor do piloto possui a capacidade de 15 kg e processou 2,5 kg (17%). O maior preenchimento de carne no *tumbler* industrial pode ter ocasionado amortecimento na queda das peças e redução da incorporação de água. Foi observado também que no processamento industrial foi utilizada a rotação horária, ou seja, ocorreu o efeito de fricção, o que também pode ter causado incorporação mais lenta de água. Já no *tumbler* piloto há apenas um sentido de rotação, e o design das haletas e o nível de preenchimento utilizados promoveram o efeito de tambleamento.

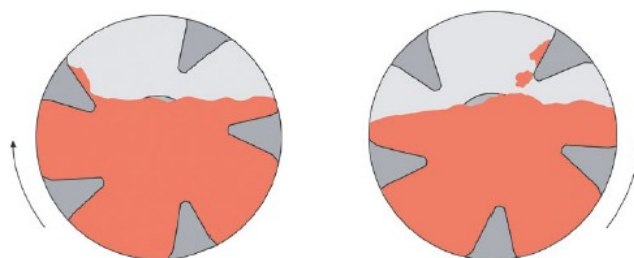


Figura 24 - Esquema de haletas e operação do *tumbler* industrial

**Fonte:** Xargayó e Langares (1992)

No âmbito industrial é muito importante que os processos sejam rápidos e que gerem ao mesmo tempo produtos uniformes, com bons rendimentos e o menor percentual de perdas. Considerando a lenta incorporação de água no processo industrial, sugere-se o estudo de melhorias no sistema de vácuo do equipamento, bem como verificação da especificação para sentido de rotação do *tumbler*, para absorção mais rápida da salmoura.

Quanto ao pH, se observa sua estabilização após dez minutos no *tumbler* industrial, enquanto no outro equipamento não foi possível observá-lo, pois durante os 30 minutos de operação o pH aumentou. Essa diferença pode ter ocorrido devido à diferença dos pH iniciais das matérias-primas, pois estas eram de lotes diferentes. Além disso, no processo industrial a salmoura foi adicionada 5 minutos antes do tambleamento, o que pode ter influenciado nas respostas.

### 4.3 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIALIDADE DOS FILÉS (*TUMBLER* PILOTO)

Neste item serão abordados os resultados e discussões referentes às análises realizadas nas amostras *tumbleadas* cruas e cozidas, processadas no *tumbler* piloto, testando as diferentes composições de salmoura, mostradas na Tabela 5 (item 3.4.8) e verificando seus efeitos em características físico-químicas e sensoriais.

#### 4.3.1 Resultados das análises de gordura do produto cozido

As análises de gordura do produto cozido foram feitas em apenas dois tratamentos (tratamentos D e M), pois como não foi adicionado nenhum tipo de gordura ou óleo em nenhum dos tratamentos, todos eles deveriam possuir valores semelhantes. O resultado do percentual de gordura (base seca) foi de  $4,47 \pm 0,28$  g/100g sólidos ( $1,23 \pm 0,07$ g/ 100g produto). Essa gordura é intrínseca à matéria-prima e varia de acordo com o lote recebido. Os percentuais encontrados permitem utilizar a alegação de “baixo teor de gordura”, segundo a Portaria n° 27 da ANVISA, sendo que o limite para tal alegação é de 3g de gorduras totais por 100g de produto (BRASIL, 1998b).

#### 4.3.2 Resultados das análises de pH

Os valores de pH do produto cru *tumbleado* e do produto cozido para cada tratamento são mostrados na Tabela 7.

De acordo a análise de efeitos apresentada na Tabela 8, não houve influência significativa da substituição de fosfatos nem da substituição de cloretos

sobre o pH do produto cru, bem como não houve interação entre essas variáveis ( $p \geq 0,05$ ).

Segundo Feiner (2006), o aumento do pH em salmouras é maior para o TSPP em comparação com o STPP, e valores altos de pH em carnes são relacionadas à maior CRA (LAWRIE; LEDWARD, 2006). No entanto neste trabalho não foi observado o efeito do aumento do pH com a substituição de tripolifosfato por pirofosfato.

Analisando a substituição de NaCl por KCl também verificou-se que não houve influência significativa sobre o pH ( $p \geq 0,05$ ). Gelabert *et al.* (2003) testaram substituições de 10 a 40% de NaCl por KCl utilizando salmoura com 1% de pirofosfato e verificaram ausência de diferença estatística nesse parâmetro.

Para o produto cozido a análise de efeitos é apresentada na Tabela 9, mostrando que também não houve influência significativa da substituição de fosfatos nem da substituição de cloretos sobre o pH. Também não houve interação entre essas variáveis ( $p \geq 0,05$ ).

Após cozimento, o pH das amostras aumentou ligeiramente em relação às amostras sem cozimento. Esse aumento é esperado devido à ação dos polifosfatos na extração de proteínas miofibrilares e à liberação de grupos amínicos, sendo o aumento dependente do valor de pH inicial (PARDI *et al.*, 1995). Heat e Owens (1992) não encontraram diferença significativa no pH de frangos marinados crus e cozidos.

Tabela 7 - Resultados de pH dos tratamentos em diferentes etapas do processamento

Tratamento	Variáveis codificadas		pH	
	Substituição de Fosfatos	Substituição de Cloretos	Produto Tumbleado	Produto Cozido
A	-1	1	6,30	6,39
B	1	1	6,34	6,41
C	-1	-1	6,28	6,32
D	1	-1	6,34	6,44
E	0	0	6,40	6,33
F	0	0	6,32	6,42
G	0	0	6,34	6,41
M	Padrão		6,28	6,34

Tabela 8 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos no pH do produto cru

	Valor	Efeito	Erro Padrão	p
Média	-	6,331	0,017	0,000
Substituição de fosfatos	-	0,050	0,045	0,345
Substituição de cloretos	-	0,010	0,045	0,837
Interação	-	-0,010	0,045	0,837
R <sup>2</sup>	0,311	-	-	-
Residual	0,002	-	-	-

Tabela 9 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos no pH do produto cozido

	Valor	Efeito	Erro Padrão	p
Média	-	6,389	0,015	0,000
Substituição de fosfatos	-	0,070	0,040	0,181
Substituição de cloretos	-	0,020	0,040	0,654
Interação	-	-0,050	0,040	0,303
R <sup>2</sup>	0,615	-	-	-
Residual	0,002	-	-	-

#### 4.3.3 Resultados das análises do teor de umidade

Os teores de umidade dos produtos após tambleado e cozimento são mostrados na Tabela 10.

Nas Tabelas 11 e 12, se observa que a substituição de fosfatos e de cloretos não foram significativas ( $p \geq 0,05$ ) sobre a umidade do produto cru e cozido, bem como não houve interação entre elas.

A utilização de fosfatos geralmente está relacionada ao aumento da capacidade de absorção de marinado (YOUNG; LYON, 1997; YOUNG *et. al.*, 2004). Xiong e Kupski (1999b) afirmam que o TSPP consegue penetrar mais facilmente no interior da carne do que o STPP, pois sua molécula é menor, causando maior abertura das miofibrilas. No entanto, não se verificou aumento da absorção de salmoura com maiores teores de pirofosfato nos tratamentos, o que foi confirmado visualmente depois dos tambleamentos, pela absorção de praticamente 100% da salmoura adicionada.

Quanto à substituição de NaCl por KCl, ela também não foi significativa na absorção de salmoura ( $p \geq 0,05$ ). É provável que as características de tambleamento,

tais como velocidade de rotação do tambor, nível de vácuo, entre outros, influenciaram mais na absorção de salmoura do que a composição de salmoura.

No produto cozido também não houve influência significativa da substituição de cloretos. O uso de cloretos é relacionado ao aumento da CRA (LAWRIE; LEDWARD, 2006), porém a substituição de NaCl por KCl não influenciou no teor de umidade para qualquer tratamento.

Na Tabela 10 se observa que existe pouca variação nos valores de umidade entre os tratamentos, porém Nascimento *et al.* (2007) verificou a diminuição significativa na capacidade de retenção de água de salsichas com a substituição de 37,5 a 50% de NaCl por KCl (total de 2% na formulação). Isso pode ser resultado da carne ser cominuída, onde existe maior exposição das fibras musculares à ação dos sais.

Terrel *et al.* (1981) encontraram que a substituição de NaCl por qualquer tipo de cloreto (exceto  $\text{CaCl}_2$ ) reduziu a perda de umidade em salsichas tipo Frankfurt tanto cruas quanto cozidas. Para Hand *et al.*<sup>3</sup> (1982 *apud* SAHOO; SAJALA; KUMAR, 2004) o uso de 100% de KCl no mesmo produto resultou em produtos com maior umidade do que o uso de apenas NaCl.

Como observado, existem controvérsias entre os autores a respeito da retenção de água pelo uso desses sais, no entanto esse efeito depende de diversos fatores tais como quantidade total de sal adicionada, tipo de processamento, tipo de cozimento, características da matéria-prima, quantidade de salmoura adicionada, entre outros.

Em relação aos polifosfatos, várias bibliografias indicam a maior eficácia dos pirofosfatos em relação aos tripolifosfatos na retenção de água depois do cozimento (XIONG; KUPSKI, 1999a; ALVARADO; McKEE, 2007), o que não foi observado nos experimentos. Em todos os tratamentos, os dois fosfatos agiram de maneira muito semelhante na manutenção da umidade.

Durante os experimentos confirmou-se a dificuldade de solubilidade dos polifosfatos em água gelada, principalmente do pirofosfato. Alvarado e McKee (2007) mencionaram que muitos fosfatos possuem baixa solubilidade em salmouras, por isso são tradicionalmente dissolvidos em água à temperatura ambiente.

---

<sup>3</sup> HAND, L. W.; TERREL, R. N.; SMITH, G. C. Effects of chloride salts on physical, chemical and sensory properties of frankfurters. *Journal of food Science*, v.47, p.1800. 1982.

Considerando a velocidade de produção que a industrialização exige, é de extrema importância que os fosfatos utilizados sejam bastante solúveis, pois o preparo incorreto de salmoura pode acarretar em cristalização dos sais e conseqüentemente gerar produtos desuniformes ou com baixa incorporação de salmoura. Segundo Feiner (2006), a correta preparação da salmoura é vital para a coloração, rendimento de cozimento e *vida útil* do produto marinado. O mesmo autor cita que fosfatos de cadeia maior (tripolifosfatos, por exemplo) possuem geralmente maior solubilidade do que os de cadeia menor (pirofosfatos).

Esses resultados confirmam a viabilidade de substituição de até 64% de NaCl por KCl (Tabela 5, item 3.4.8) em frangos marinados cozidos, sem prejuízo à CRA nem do produto cru tangleado, nem do produto cozido. Já a substituição de STPP por TSPP não oferece vantagens quanto ao aumento de rendimento e aumento da CRA dos filés, possuindo ainda menor solubilidade que o STPP.

Tabela 10 - Resultados das análises de umidade dos tratamentos em diferentes etapas do processamento

Ensaio	Variáveis codificadas		Umidade Base seca (g água/ g sólidos)	
	Substituição de Fosfatos	Substituição de Cloretos	Matéria-prima Tangleada	Produto Cozido
A	-1	1	3,13	2,63
B	1	1	3,06	2,61
C	-1	-1	3,14	2,43
D	1	-1	3,10	2,65
E	0	0	3,15	2,62
F	0	0	3,15	2,79
G	0	0	3,18	2,64
M	Padrão		3,15	2,62

Tabela 11 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na umidade do produto tangleado

	Valor	Efeito	Erro Padrão	p
Média	-	3,130	0,016	0,000
Substituição de fosfatos	-	-0,055	0,042	0,283
Substituição de cloretos	-	-0,025	0,042	0,595
Interação	-	-0,015	0,042	0,745
R <sup>2</sup>	0,421	-	-	-
Residual	0,002	-	-	-

Tabela 12 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Umidade do produto cozido

	Valor	Efeito	Erro Padrão	p
Média	-	2,624	0,041	0,000
Substituição de fosfatos	-	0,100	0,109	0,426
Substituição de cloretos	-	0,080	0,109	0,516
Interação	-	-0,120	0,109	0,351
R <sup>2</sup>	0,464	-	-	-
Residual	0,012	-	-	-

#### 4.3.4 Resultados das análises de Rendimento de cozimento

O Rendimento de cozimento de cada tratamento foi calculado de acordo com a diferença de peso verificada antes e após o cozimento mostrados na Tabela 13.

Os resultados foram muito semelhantes entre os tratamentos, comprovando os dados obtidos para umidade do produto cozido. Além disso, em conformidade com os resultados para o teor de umidade, se esperava que não houvesse influência da substituição de fosfatos nem de cloretos sobre o esse parâmetro. Isso foi confirmado pela análise de efeitos apresentada na Tabela 14, onde também se pode observar que não houve interação entre as variáveis.

Os rendimentos variaram de 91,6% a 88,2%, apresentando o tratamento F o maior rendimento de cozimento e o C teve o menor. Young e Smith (2004) relataram que atingiram 92% de rendimento de cozimento para filés de frango marinados, cozidos dentro de envoltórios plásticos em banho-maria por 20 minutos. Young e Lyon (1997) utilizando o STPP encontraram um rendimento de cozimento de 86,2%. Xiong e Kupski (1999a), utilizando filés fritos de frango, concluíram que o TSPP é melhor que o STPP na manutenção do teor de umidade durante o cozimento. Os polifosfatos ajudam na extração das proteínas miofibrilares, que causam aumento nas cadeias polipeptídicas capazes de interagir durante o cozimento. O resultado é uma matriz protéica mais estável, formada com menor liberação de água, resultando no aumento da CRA (SMITH, 1988; BARBUT; BARBUT, 2002).



O rendimento de cozimento e atributos de qualidade como maciez, textura e aroma podem ser afetados negativamente pelo cozimento devido à redução de umidade causada durante o processo (PIETRASIK; SHAND, 2003).

Os resultados de rendimento de cozimento dependem muito do tipo de cozimento, tempo de cozimento, características do forno, grau de enchimento, e da umidade do forno, o que pode causar diferenças entre os experimentos consultados. Segundo Lawrie e Ledward (2006), o aumento da temperatura de carnes de 0 a 80°C acarreta em perdas de grupos acídicos livres, redução da CRA e aumento do pH.

Tabela 13 - Resultados do rendimento de cozimento para cada ensaio

Ensaio	Variáveis codificadas		Rendimento de cozimento
	Substituição de Fosfatos	Substituição de Cloretos	
A	-1	1	89,3%
B	1	1	90,4%
C	-1	-1	88,2%
D	1	-1	88,8%
E	0	0	89,4%
F	0	0	91,6%
G	0	0	90,3%
M	Padrão		91,1%

Tabela 14 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos no rendimento de cozimento

	Valor	Efeito	Erro Padrão	p
Média	-	0,897	0,005	0,000
Substituição de fosfatos	-	0,008	0,013	0,570
Substituição de cloretos	-	0,013	0,013	0,393
Interação	-	0,002	0,013	0,864
R <sup>2</sup>	0,323	-	-	-
Residual	0,000	-	-	-

#### 4.3.5 Resultados das análises sensoriais dos tratamentos

A tabela completa com as avaliações de todos os tratamentos para cada atributo é apresentada no Apêndice C. A Tabela 15 exhibe as médias e os desvios padrões de avaliação para cada um dos atributos e as comparações entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey.

As análises de comparação entre médias indicaram que não houve diferença estatística de nenhum tratamento, para nenhum atributo. Também se verificou nas análises de efeitos apresentada nas Tabelas 16 a 19 que não houve influência nem da substituição de cloretos nem da substituição de fosfatos em nenhum atributo sensorial ( $p \geq 0,05$ ).

Na aceitação global, todos os tratamentos obtiveram médias próximas ou superiores a 6,3 em uma escala de 9 pontos, correspondendo a 70% de aprovação, mínimo exigido para realizar o teste de mercado (STONE; SIDEL, 2004).

Tabela 15 – Aceitação de atributos sensoriais para diferentes tratamentos

Ensaio	Variáveis codificadas		Médias de aceitação dos atributos			
	Substituição de Fosfatos	Substituição de Cloretos	Sabor salgado	Maciez	Suculência	Global
A	-1	1	6,19 ( $\pm 1,89$ ) <sup>a</sup>	6,67 ( $\pm 1,72$ ) <sup>a</sup>	6,61 ( $\pm 1,74$ ) <sup>a</sup>	6,67 ( $\pm 1,55$ ) <sup>a</sup>
B	1	1	7,11 ( $\pm 1,34$ ) <sup>a</sup>	7,04 ( $\pm 1,55$ ) <sup>a</sup>	7,25 ( $\pm 1,60$ ) <sup>a</sup>	7,32 ( $\pm 1,19$ ) <sup>a</sup>
C	-1	-1	6,75 ( $\pm 1,68$ ) <sup>a</sup>	7,31 ( $\pm 1,72$ ) <sup>a</sup>	7,31 ( $\pm 1,41$ ) <sup>a</sup>	7,33 ( $\pm 1,37$ ) <sup>a</sup>
D	1	-1	6,12 ( $\pm 1,74$ ) <sup>a</sup>	6,76 ( $\pm 1,45$ ) <sup>a</sup>	6,56 ( $\pm 1,61$ ) <sup>a</sup>	6,28 ( $\pm 1,74$ ) <sup>a</sup>
E	0	0	6,71 ( $\pm 1,94$ ) <sup>a</sup>	6,96 ( $\pm 1,37$ ) <sup>a</sup>	6,64 ( $\pm 1,75$ ) <sup>a</sup>	6,79 ( $\pm 1,66$ ) <sup>a</sup>
F	0	0	6,29 ( $\pm 1,80$ ) <sup>a</sup>	6,82 ( $\pm 1,59$ ) <sup>a</sup>	6,36 ( $\pm 1,81$ ) <sup>a</sup>	6,50 ( $\pm 1,43$ ) <sup>a</sup>
G	0	0	6,25 ( $\pm 2,03$ ) <sup>a</sup>	6,61 ( $\pm 1,90$ ) <sup>a</sup>	6,50 ( $\pm 1,78$ ) <sup>a</sup>	6,86 ( $\pm 1,44$ ) <sup>a</sup>
M	Padrão		6,92 ( $\pm 1,50$ ) <sup>a</sup>	7,24 ( $\pm 1,05$ ) <sup>a</sup>	6,96 ( $\pm 1,17$ ) <sup>a</sup>	6,92 ( $\pm 1,44$ ) <sup>a</sup>

**Nota:** mesma letra significa ausência de diferença significativa na coluna ( $p \geq 0,05$ )

Tabela 16 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação do Sabor salgado

	Valor	Efeito	Erro Padrão	<i>p</i>
Média	-	6,489	0,088	0,000
Substituição de fosfatos	-	0,141	0,232	0,585
Substituição de cloretos	-	0,216	0,232	0,420
Interação	-	<b>0,771</b>	<b>0,232</b>	<b>0,045</b>
R <sup>2</sup>	0,804	-	-	-
Residual	0,536	-	-	-

**Nota:** Valores em vermelho e negrito têm efeito estatístico significativo ( $p < 0,05$ )

Tabela 17 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação da Maciez

	Valor	Efeito	Erro Padrão	<i>p</i>
Média	-	6,881	0,068	0,000
Substituição de fosfatos	-	-0,088	0,181	0,659
Substituição de cloretos	-	-0,182	0,181	0,389
Interação	-	0,457	0,181	0,086
R <sup>2</sup>	0,718	-	-	-
Residual	0,033	-	-	-

**Nota:** Valores em vermelho e negrito têm efeito estatístico significativo ( $p < 0,05$ )

Tabela 18 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação da Suculência

	Valor	Efeito	Erro Padrão	<i>p</i>
Média	-	6,747	0,131	0,000
Substituição de fosfatos	-	-0,053	0,347	0,887
Substituição de cloretos	-	-0,002	0,347	0,995
Interação	-	0,692	0,347	0,140
R <sup>2</sup>	0,572	-	-	-
Residual	0,120	-	-	-

**Nota:** Valores em vermelho e negrito têm efeito estatístico significativo ( $p < 0,05$ )

Tabela 19 - Efeitos da substituição de fosfatos e cloretos na Aceitação Global

	Valor	Efeito	Erro Padrão	<i>p</i>
Média	-	6,821	0,079	0,000
Substituição de fosfatos	-	-0,199	0,209	0,411
Substituição de cloretos	-	0,187	0,209	0,436
Interação	-	<b>0,854</b>	<b>0,209</b>	<b>0,026</b>
R <sup>2</sup>	0,860	-	-	-
Residual	0,044	-	-	-

**Nota:** Valores em vermelho e negrito têm efeito estatístico significativo ( $p < 0,05$ )

Apesar de alguns autores citarem prejuízos nas características sensoriais com a substituição de NaCl por KCl (LILIC; MATEKALO-SVERAK; BOROVIĆ, 2008, DESMOND, 2006; GELABERT *et al.*, 2003), não houve diferença significativa na aceitação do sabor entre as amostras, mesmo com 64% de substituição por KCl, com média de avaliação de 7,11, ou 79% de aceitação. A diferença de aceitação para o sabor salgado foi muito baixa, já que as duas maiores avaliações ficaram com os tratamentos B e M (com a maior concentração de KCl e ausência de KCl, respectivamente). Observou-se através das avaliações que houve duas tendências de avaliação para aceitação do sabor salgado: aceitação maior quanto maior teor de NaCl, e aceitação maior quanto maior teor de KCl. Essa diferença de aceitação pode exibir a adaptação do paladar dos provadores para maiores ou menores teores de NaCl, sendo que os mais adaptados podem ter estranhado a falta do sódio e sua substituição pelo potássio.

Na Tabela 20 pode-se observar que houve correlação da aceitação do sabor salgado com todos os outros atributos. Quanto maior foi a aceitação do sabor salgado, maiores foram as avaliações para os outros três atributos.

Durante a avaliação sensorial, algumas pessoas relataram “sabor diferente” para tratamentos com mais KCl, outras relataram “pouco sabor salgado” ou “sem sabor”, mas nenhuma delas relatou sentir sabor amargo ou residual ruim. Karki *et al.* (2005) encontraram bons resultados sensoriais na substituição de NaCl por KCl (1:1) em salsichas com carne de búfalo e adição de alho. Sahoo, Sajala e Kumar (2004) citam autores que obtiveram prejuízos no aroma, sabor amargo e produção de *off flavour* ao longo da estocagem, mas afirmam que a substituição em até 50%, no geral, foi bem sucedida. Price<sup>4</sup> (1997 *apud* PÉREZ-ALVAREZ *et al.*, 2010) citaram que uma redução de 20 a 40% nos teores de sal não foram perceptíveis, quando o produto foi adicionado de outros temperos. Saha (2009) não obteve diferença estatística para aceitação global, textura e aroma para concentrações entre 0,5 a 1,25% de NaCl. Nascimento *et al.* (2007) conseguiu uma substituição de 25% de NaCl por KCl sem diferença significativa na percepção do sabor salgado em salsichas, utilizando uma concentração total de 2%, mas obteve diferença negativa entre os tratamentos com 37,5 e 50% de substituição. Também para salsichas, Lilic,

---

<sup>4</sup> PRICE, J.F. Low-fat/salt cured meat products. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T.R.(ed.). **Advances in Meat Research: Production and Processing of Healthy Meat**, Poultry and Fish Products, vol. 11., London: Blackie Academic & Professional, p. 242–256. 1997.

Matekalo-Sverak e Borovic (2008) conseguiram a substituição de até 40%, sendo 60% o limite de aceitabilidade e 80% inaceitável devido ao sabor residual amargo, com um percentual total de 1,73% de sal.

Tabela 20 - Correlações entre atributos e parâmetros físico-químicos (R)

	pH produto cozido	Umidade produto cozido	Sabor salgado	Maciez	Suculência	Global
pH produto cozido	1,00	0,65	-0,56	<b>-0,73</b>	-0,51	-0,54
Umidade produto cozido	0,65	1,00	-0,43	-0,60	<b>-0,79</b>	-0,70
Sabor salgado	-0,56	-0,43	1,00	<b>0,81</b>	<b>0,82</b>	<b>0,80</b>
Maciez	<b>-0,73</b>	-0,60	<b>0,81</b>	1,00	<b>0,81</b>	0,65
Suculência	-0,51	<b>-0,79</b>	<b>0,82</b>	<b>0,81</b>	1,00	<b>0,87</b>
Global	-0,54	<b>-0,70</b>	<b>0,80</b>	0,65	<b>0,87</b>	1,00

**Nota:** Valores em vermelho e negrito têm correção significativa ( $R \geq 0,70$ )

Considerando que o sabor amargo gerado pelo KCl depende da sua concentração sobre a língua, é claro que alimentos com maiores percentuais de NaCl, para uma mesma substituição, terão maiores concentrações de KCl e desenvolverão maior sabor residual. Mas é muito provável que, para a concentração total utilizada (1,335%, conforme Tabela 2), a substituição não tenha gerado sabor residual perceptível, já que para 64% de substituição houve boa aceitação. Tanto o NaCl quanto os pirofosfatos promovem sabor salgado, pois todos eles possuem sódio em suas moléculas.

Os resultados acima são muito importantes para comprovar a aplicabilidade do KCl como substituinte de cloreto de sódio em produtos com teor reduzido de sódio.

Na aceitação da maciez também não houve diferença significativa entre os tratamentos. Comparando os atributos avaliados, as maiores avaliações para aceitação foram dadas à maciez. O tratamento C teve a maior pontuação, com 7,31, apesar de ser a amostra com menor umidade (2,43 g água/ g sólidos). Existe a correlação negativa entre a maciez e o pH, o que não foi explicado, já que maiores valores de pH resultam em maior teor umidade e conseqüentemente maior maciez (LAWRIE; LEDWARD, 2006).

Na Tabela 20 se observa a correlação positiva entre a maciez e a suculência. Desmond (2006) relaciona a maciez e suculência à solubilização de proteínas, que aumentaria a hidratação e a CRA de carnes.

Segundo Lawrie e Ledward (2006), a maciez é um atributo difícil de ser mensurado. A sua sensação depende de fatores que envolvem a sensação da textura no palato e outros três aspectos: inicialmente, a sensação de fácil penetração dos dentes no produto; segundo, a facilidade de quebra da carne em fragmentos, e terceiro, a quantidade de resíduo que permanece depois da mastigação. Xiong e Kupski (1999a) testaram TSPP e STPP, e verificaram que entre concentrações de 1,6 e 3,2% não houve diferença significativa para a maciez de filés de frango marinados. Karki *et. al.* (2005) conseguiram bons resultados de maciez para salsichas com substituição de 50% de NaCl por KCl.

Em relação à suculência, esperava-se que a avaliação fosse maior quanto maior fosse o teor de umidade, devido à maior CRA. Porém, a correlação observada entre as variáveis foi negativa (-0,79). Segundo Lawrie e Ledward (2006), a suculência é percebida inicialmente através da liberação de líquidos nas primeiras mastigações, sentida pela rápida liberação de líquidos. Depois é sustentada pelo efeito da gordura na língua, que nesse caso é muito baixa. A falta de suculência para as amostras de maior umidade pode ser explicada pela capacidade das proteínas ligarem água (LAWRIE; LEDWARD, 2006), o que não permite a liberação rápida de fluidos nas primeiras mastigações. Esperava-se que a substituição de fosfatos influenciasse nesse atributo, mas não houve influência dessa variável (Tabela 18). Xiong e Kupski (1999a), no mesmo trabalho citado anteriormente, não encontraram diferenças significativas entre o uso de TSPP ou STPP na suculência dos filés.

Analisando a aceitação global, apesar de inúmeros trabalhos citarem um prejuízo sensorial na substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio, obtive-se a segunda maior avaliação para o tratamento B (nota média 7,32), com a maior concentração de KCl, equivalente à substituição de 64% de cloreto de sódio. A aceitação máxima global foi para o tratamento C, com 7,33 (equivalente a 81% de aceitação) e a aceitação mínima global foi para o tratamento D, com 6,28 (equivalente a 70% de aceitação). No entanto, não houve diferença estatística entre os tratamentos para a aceitação global ( $p \geq 0,05$ ). As avaliações médias de aceitação global foram todas próximas ou superiores a 7 numa escala de 9 pontos, correspondendo a mais de 70% de aprovação.

Nas Tabelas 16 e 19, se observa que existe significância na interação entre a substituição de fosfatos e cloretos para os atributos aceitação do sabor salgado e aceitação global ( $p < 0,05$ ). A interação indicou que, quanto as substituições de fosfatos e cloretos estão no seu nível máximo (1,1) e mínimo (-1,-1), a aceitação é maior. Como os avaliadores se baseiam muitas vezes na aceitação do sabor para fazer a avaliação (STONE; SIDEL, 2004), é possível que o TSPP tenha compensado a redução de NaCl, já que possui mais sódio que o STPP. Contudo, isso não pode ser confirmado já que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas.

Considerando que não houve diferença estatística entre os tratamentos, os resultados das avaliações foram muito bons, e deram maior perspectiva para o uso de KCl como substituinte de NaCl em produtos com teor reduzido ou baixo teor de sódio com alterações pouco perceptíveis nos atributos aceitação do sabor salgado, aceitação da maciez, aceitação da suculência e aceitação global.

#### 4.3.6 Análise de Custo

Foi realizada a análise de custo de cada tratamento. A Tabela 21 apresenta o valor unitário (kg) da matéria-prima, ingredientes e aditivos (considerando o rendimento de 60% em filés para peito de frango inteiro), e a Tabela 22 apresenta o custo médio de todas as formulações.

##### **Matéria-prima**

- Preço do peito de frango/ kg: R\$ 3,50 (COMMODITIES, 2010)
- Rendimento do peito em filés (sem osso e sem pele): 60%
- Preço proporcional do filé/ kg: R\$ 5,83

Tabela 21 - Custo da matéria-prima, ingredientes e aditivos

	Valor unitário (R\$/kg)
Filé de peito	5,83
Cloreto de sódio (NaCl)	0,52
Cloreto de potássio (KCl)	2,59
Pirofosfato de sódio (TSPP)	5,55
Tripolifosfato de sódio (STPP)	7,16

Tabela 22 - Custo de cada formulação

Tratamento	Custo (R\$)
A	4,95
B	4,96
C	4,84
D	4,84
E	4,90
F	4,90
G	4,90
M	4,70

Como não houve diferença estatística de aceitação entre os tratamentos e tendo em vista que o fator custo é de extrema importância na industrialização de um alimento, optou-se por escolher a formulação com o menor custo e boa aceitação global (7,33, ou 81% de aceitação), ou seja, o tratamento C, com 35,9% de substituição de NaCl por KCl e 28,8% de substituição de tripolifosfato de sódio por pirofosfato de sódio. O aumento de custo em relação ao padrão (tratamento M) foi de 3%.



## 5 CONCLUSÃO

- Os perfis de absorção de salmoura dos processamentos industrial e piloto mostraram que a taxa de absorção de cloretos foi alta em ambos casos;
- Os perfis de variação de umidade mostraram que a absorção de água foi mais lenta no processamento industrial;
- A utilização do pirofosfato de sódio foi bastante dificultada devido a sua baixa solubilidade em água gelada;
- Foi possível elaborar formulações com substituição de até 64% de cloreto de sódio por cloreto de potássio com uma aceitação global maior que 70%, atingindo o mínimo exigido para realizar o teste de mercado (70%);
- Qualquer uma das formulações desenvolvidas pode utilizar a alegação de “teor reduzido de sódio” e a alegação de “baixo teor de gordura”, constituindo uma ótima alternativa de consumo para pessoas com problemas de pressão alta e problemas relacionados ao sistema vascular;
- Nenhum tratamento diferiu significativamente (95% de confiança) nos atributos aceitação do sabor salgado, aceitação da maciez, aceitação da suculência e aceitação global. Esse resultado exhibe a validade da utilização do cloreto de potássio em produtos com teor reduzido de sódio (até 64% de substituição);
- Nenhum tratamento diferiu significativamente (95% de confiança) nos atributos aceitação do sabor salgado, aceitação da maciez, aceitação da suculência e aceitação global com a substituição de até 71% de tripolifosfato de sódio por pirofosfato de sódio.
- Foi possível reduzir 36% do percentual de cloreto de sódio do produto padrão, com 81% de aceitação do produto (tratamento C) e apenas 3% de acréscimo no seu custo final.

## 6 RECOMENDAÇÕES

- É importante o estudo mais aprofundado da absorção de salmoura para melhorar a uniformidade do produto, reduzir tempo de processamento. Sugerem-se testes no equipamento industrial com volumes menores de matéria-prima por batelada, bem como a otimização do sistema de vácuo e testes com diferentes parâmetros de rotação do tambor.
- Para a verificação da CRA, sugere-se a realização do cozimento em sacos termo-encolhíveis, dentro de banho-maria, como realizado por Young e Smith (2004). Assim reduz-se a influência de variáveis como convecção do forno e têm-se um cozimento mais uniforme das peças de carne;
- Como o pirofosfato de sódio não alterou as características físico-químicas e sensoriais do produto, e seu custo é maior que o do tripolifosfato de sódio, sugere-se que sejam desenvolvidas formulações apenas com tripolifosfato de sódio.

## 7 REFERÊNCIAS

ALVARADO, C.; McKEE, S. Marination to Improve Functional Properties and Safety of Poultry Meat. **Journal of applied poultry research**, Athens, US, v.16, 113-120, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRANGO. **Relatório Anual 2009 – 2010**. Disponível em: <[http://www.abef.com.br/portal/\\_clientes/abef/cat/RA\\_2010.pdf](http://www.abef.com.br/portal/_clientes/abef/cat/RA_2010.pdf)> Acesso em: 09 set. 2010.

AVEWORLD. **Consumo de carne de Frango no Brasil sobe 300%, diz pesquisa**. São Paulo: Ed. Animal World, 2010. (Seção Notícias/Mercado). Disponível em: <[3http://www.aveworld.com.br/aveworld/noticias/post/usda-consumo-de-carne-de-frango-no-br-cresce-300-diz-pesquisa](http://www.aveworld.com.br/aveworld/noticias/post/usda-consumo-de-carne-de-frango-no-br-cresce-300-diz-pesquisa)>. Acesso em: 24 set. 2010.

AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e nutrição**, Araraquara, v.16, n.1, p.89-97, jan./mar. 2005.

BARBUT, Shai; BARBUT, Shabtai. **Poultry products processing: an industry guide**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 548 p.

BORTULUZZI, R. C. Marinados. In: OLIVO, R. (Org.). **O Mundo do Frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma: Varela, 2006. Cap. 38, p. 473-480.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp. 1996. 303 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria 1.004, de 11 de dezembro de 1998a. Aprova o Regulamento Técnico: "Atribuição de função de aditivos, aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 - carne e produtos cárneos". **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 mar. 1999. n.54-E, Seção 1, p. 15-19. Disponível em:< [www.in.gov.br](http://www.in.gov.br)>. Acesso em: 23 set. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998b. Dispõe sobre regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 jan. 1998b. n. 11-E, Seção 1, p. 1-3. Disponível em:< [www.in.gov.br](http://www.in.gov.br)>. Acesso em: 20 set. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 1999. Oficializa os Métodos Analíticos Físico-Químicos, para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes - Sal e Salmoura, em conformidade ao anexo desta Instrução Normativa, determinando que sejam utilizados no Sistema de Laboratório Animal do Departamento de Defesa Animal. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 jul. 1999. n.54-E, Seção 1, p. 10-24. Disponível em: <www.in.gov.br>.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 6, de 15 de fevereiro de 2001. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Paleta Cozida, Produtos Cárneos Salgados, Empanados, Presunto tipo Serrano e Prato Elaborado Pronto ou Semipronto Contendo Produtos de Origem Animal. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 fev. 2001. Seção 1, p. 60-64. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2198>>. Acesso em: 18 out. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Normativa no. 64, de 1 de setembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Aves Temperadas. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 dez. 2003. Seção 1, p.7. Disponível em:< <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=5110>>. Acesso em: 11 ago. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia Alimentar para a População Brasileira**: promovendo a alimentação saudável. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. 236 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: <[http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05\\_1109\\_M.pdf](http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05_1109_M.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007. Aprova o regulamento técnico sobre aditivos aromatizantes, classifica os aromas em duas categorias: os naturais e os sintéticos. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 jan. 2007. n.12, Seção 1, p.41-47. Disponível em:< [www.in.gov.br](http://www.in.gov.br)>. Acesso em: 1 out. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Hipertensão avança e atinge 24,4% dos Brasileiros**. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. (Notícias). Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/aplicacoes/noticias/default.cfm?pg=dspDetalheNoticia&id\\_area=124&CO\\_NOTICIA=11290](http://portal.saude.gov.br/portal/aplicacoes/noticias/default.cfm?pg=dspDetalheNoticia&id_area=124&CO_NOTICIA=11290)>. Acesso em: 11 set. 2010.

BUDENHEIM. **Polyphosphates for Meat Processing**. Jan. 2000. 11 p. (Manual Técnico).

CFS. **CFS ScanMidi for tumbling, massaging and defrosting**. Disponível em: <[http://www.cfs.com/media/b02\\_04\\_02en\\_032010\\_LR.pdf](http://www.cfs.com/media/b02_04_02en_032010_LR.pdf)>. Acesso em: 1 dez. 2010. 2 p. (Manual técnico)

CHANG, H. *et al.* Effect of potassium-enriched salt on cardiovascular mortality and medical expenses of elderly men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v.83, n. 6, p.1289-1296, jun. 2006.

CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia. 1976. V.1. 333 p.

COMMODITIES. **Folha de São Paulo**. São Paulo, 12 nov. 2010. Mercado. Indicadores Econômicos. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/indicadores/830038-commodities.shtml>>. Acesso em: 18 nov. 2010.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, Barking, v.74, p.188–196, 2006.

DEUMIER, F. *et al.* Pulsed vacuum brining of poultry meat: interpretation of mass transfer mechanisms. **Journal of Food Engineering**, Essex, UK, v.58, p.85-93, 2003.

DOMENE, S. M. A. Tendências de consumo de alimentos industrializados pela população brasileira. In: José Augusto de Aguiar Carrazedo Taddei (Org.). **Jornadas Científicas do NISAN: Núcleo Interdepartamental de Segurança Alimentar e Nutricional**. Barueri: Manole, 2007, v. 1, p. 89-99. Disponível em: <<http://books.google.com.br>>. Acesso em: 4 out. 2010.

HANSEN *et al.* Diffusion of NaCl in meat studied by  $^1\text{H}$  and  $^{23}\text{Na}$  magnetic resonance imaging. **Meat Science**, Barking, v.80, p.851-856, 2008.

HEAT, J. L.; OWENS, S. L. Effects of storage in yield and shear values of in-bag marinated chicken breasts. **Journal of applied poultry research**, Athens, v.1, p.335-330, 1992.

FAO. **FAOSTAT – FAO Statistics Division/ProdSTAT**: livestock (primary: chicken meat). Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 25 set. 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **Brasil Food Trends 2020**. Disponível em: <[http://www.brazilfoodtrends.com.br/Brasil\\_Food\\_Trends/index.html](http://www.brazilfoodtrends.com.br/Brasil_Food_Trends/index.html)>. Acesso em: 15 nov. 2010.

FEINER, G. **Meat products handbook**: practical science and technology. Sydney: CRC Press, 2006. 648 p. (Woodhead Publishing in Food Science Technology and Nutrition).

FERRAZ, J. V. Consumo de carne de frango sobe 300% em 26 anos. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 17 jun. 2010. Mercado, p. 25. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me1706201025.htm>>. Acesso em: 24 set. 2010.

GELABERT, J. *et al.* Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. **Meat Science**, Barking, v.65, p.833–839, 2003.

KARKI, D. B. N. *et al.* Effect of partial substitution of sodium chloride with potassium chloride and the use of garlic (*Alium Sativum L.*) on the sensory qualities of Frankfurter. **Journal of the institute of agriculture and animal science**, Nepal, v.26, p.57-64. 2005. Disponível em:<<http://www.nepjol.info/index.php/JIAAS/article/view/612/577>>. Acesso em: 22 out. 2010.

LAWRIE, R. A., LEDWARD, D. A. **Lawrie's meat science**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2006. 442 p.

LI, R. *et al.* P NMR analysis of chicken breast meat vacuum tumbled with NaCl and various phosphates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London: v. 81, p. 576-582, 2001.

LILIC, S.; MATEKALO-SVERAK, BOROVIK, B. Possibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in cooked sausages: Sensory characteristics and

health aspects. **Biotechnology in Animal Husbandry**, Belgrade: n. 24 (1-2), p.133-138, 2008.

LEONARDO, M. Antropologia da Alimentação: a cultura alimentar brasileira. **Revista Brasileira de Estudos Interculturais** (Ethnic), Belo Horizonte, ano 3, n.6, p.1, dez. 2006. Disponível em: <[http://ethnic.org.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=31](http://ethnic.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31)>. Acesso em: 3 out. 2010.

MEAD, G.C. (Ed.). **Poultry Meat Processing and Quality**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004. (Woodhead Food Series, n.101). Disponível em: <<http://books.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

NASCIMENTO, R. *et al.* Substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre as características físico-químicas e sensoriais de salsichas. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v.18, n.3, p.297-302, jul./set. 2007.

NUGLISCH, G. I. Produtos Cozidos e Assados. In: OLIVO, RUBISON. **O mundo do frango**: cadeia produtiva de carne de frango. Criciúma: Varela, 2006. Cap.40, p.495-503.

NUÑEZ-GONZALEZ, F.A. Marination, cooking, and curing: principles. In: GUERRERO-LEGARRETA, I. (Ed.). **Handbook of Poultry Science and Technology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010. Cap.8, p. 81-88.

PARDI, M. C. *et al.* **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: EDUFF/Editora Universitária, 1995. 586 p.

PÉREZ-ALVAREZ, J. A. *et al.* Poultry Flavor: general aspects and applications. In: GUERRERO-LEGARRETA, I. (Ed.). **Handbook of Poultry Science and Technology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010. Cap.24, p.339-357.

PIETRASIK, Z.; SHAND, P. J. The effect of quantity and timing of brine addition on water binding and textural characteristics of cooked beef rolls. **Meat Science**, Barking, v.65, p.771-778, 2003.

SAHA, A. *et al.* Consumer acceptance of broiler breast fillets marinated with varying levels of salt. **Poultry Science**. Champagn, US, v.88, n.2, p.415-423, 2009.

SACKS, F. M. *et al.* Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet. **New England Journal of Medicine**, Massachusetts, USA, v.344, n.1, jan. 2001.

SAHOO, J.; SAJALA, K. S. S.; KUMAR, M. Low salt meat products as health food. **Natural Product Radiance**, New Delhi, v. 3(4), jul. – ago. 2004.

SARNO, F. *et al.* Estimativa de consumo de sódio pela população brasileira, 2002-2003. **Revista Saúde Pública**. São Paulo, v.43, n.2, abr. 2009.

SEBRANEK, Joseph G. Basic Curing Ingredients. In TARTÉ, Rodrigo. **Ingredients in meat products: properties, functionality and applications**. Springer, New York, 2009.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3th. ed. California: Elsevier Academic Press, 2004. 408 p. (Food Science and Technology International Series)

SCHMIDT, F. C.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Efeito da impregnação a vácuo na transferência de massa durante o processo de salga de cortes de peito de frango. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 28(2), p.366-372, abr.-jun. 2008.

SMITH, D. M. Meat proteins: Functional properties in comminuted meat products. **Food Technology**, Chicago, v.42, p.116-121, 1988.

SMITH, D. P.; YOUNG, L. L. Marination pressure and Phosphate Effects on Broiler Breast Fillet Yield, Tenderness, and Color. **Poultry Science**, Champaign, US, v.86, p.2666-2700, 2007.

STRAZZULLO, P. *et al.* Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies. **British Medical Journal**, London, v.339, n.B4567, dez. 2009. Disponível em: <  
<http://www.bmj.com/content/339/bmj.b4567.full.pdf+html>>. Acesso em: 15 out. 2010.

TERREL, R. N. *et al.* Effect of chloride salts, acid phosphate and electrical stimulation on pH and moisture loss from beef clod muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, US, v.53, p 658-662, 1981.

USDA. Foreign Agricultural Service. **Livestock and poultry: world markets and trade**. Washington, DC: USDA, 2010. (Executive summary: full circular release on october 15, 2010) Disponível em:



<[http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf)> Acesso em: 24 set. 2010.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. **Meat and meat products: technology, chemistry and microbiology**. London: Chapman and Hall, 1995. 444 p. (Food Products Series)

WIKIPEDIA. **Tripolifosfato de sódio**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Tripolifosfato\\_de\\_sódio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Tripolifosfato_de_sódio)>. Acesso em: 17 dez. 2010a.

WIKIPEDIA. **Pirofosfato de sódio**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Pirofosfato\\_de\\_sódio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Pirofosfato_de_sódio)>. Acesso em: 17 dez. 2010b.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneva: WHO, 2003. (WHO Technical Report Series, n. 916). Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/ac911e/ac911e00.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2010.

\_\_\_\_\_. **The world health report 2004: changing history**. Geneva: WHO, 2004. Disponível em: <[http://www.who.int/whr/2004/en/report04\\_en.pdf](http://www.who.int/whr/2004/en/report04_en.pdf)>. Acesso em: 3 ago. 2010.

\_\_\_\_\_. **Reducing salt intake in populations: report of a WHO forum and technical meeting, 5-7 october 2006**. Paris: WHO, 2007. Disponível em: <[http://www.naos.aesan.msc.es/naos/ficheros/investigacion/Informe\\_sobre\\_ingesta\\_de\\_sal\\_OMS\\_abril\\_2007.pdf](http://www.naos.aesan.msc.es/naos/ficheros/investigacion/Informe_sobre_ingesta_de_sal_OMS_abril_2007.pdf)>. Acesso em: 2 ago. 2010.

XARGAYÓ, M. LANGARES, J. Computerized massaging of meat. **Fleishwirtschaft**, Frankfurt am Main, Germany, v.4, p.28-35, 1992. Disponível em: <<http://issuu.com/metalquimia/docs/107-113-eng>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

XIONG, Y. L; KUPSKI, D. R. Time-dependent marinade absorption and retention, cooking yield, and palatability of chicken filets marinated in various phosphate solutions. **Poultry Science**, Champaign, US, v.78, n.7, p.1053-1059. 1999a.

\_\_\_\_\_. Monitoring phosphate marinade penetration in tumbled chicken filets using a thin-slicing, dye-tracing method. **Poultry Science**, Champaign, US, v.78, n.7, p.1048-1052. 1999b.

YASUI, T. *et al.* Specific interaction of inorganic polyphosphates with myosin-B. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington D.C., v.12, n. 5, p. 399-404. 1964.

YOUNG *et. al.* Effects of Intact Carcass Electrical Stimulation on Moisture Retention Characteristics of Polyphosphate-Treated Non-Aged Boneless Broiler Breast Fillets. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad , Pakistan, v. 3, n.12, p.796-798, 2004.

YOUNG, L. L.; LYON; C. E. Effect of Postchill Aging and Sodium Tripolyphosphate on Moisture Binding Properties, Color, and Warner-Bratzler Shear Values of Chicken Breast Meat. **Poultry Science**, Champaign, US, v.76, p.1587-1590, 1997.

YOUNG, L. L.; SMITH, D. P. Effect of vacuum on moisture absorption and retention by marinated broiler fillets. **Poultry Science**, Champaign, US, v.83, p.129-131, 2004.

## APÊNDICE A - MODELO DE FICHA DA ANÁLISE SENSORIAL

Data \_\_\_\_\_ Setor \_\_\_\_\_ Idade \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

### Filés de Frango marinados

Você está recebendo amostras de filés de frango marinados. Primeiramente **leia o índice abaixo** com os principais atributos:

- **Suculência:** sensação de umidade na língua causada por 3 mastigações sucessivas
- **Maciez:** resistência às primeiras 3 mastigações
- **Sabor Salgado:** intensidade do sabor salgado
- **Aceitação Global:** sua percepção do filé como um todo.

Agora prove as amostras na **ordem horária, começando pela amostra superior** no prato, e avalie as amostras considerando as notas apresentadas na tabela abaixo

Notas	Valor
1	Desgostei muitíssimo
2	Desgostei muito
3	Desgostei moderadamente
4	Desgostei ligeiramente
5	Nem gostei nem desgostei
6	Gostei ligeiramente
7	Gostei moderadamente
8	Gostei muito
9	Gostei muitíssimo

	Avaliação			
	Aceitação do Sabor Salgado	Aceitação da Maciez	Aceitação da Suculência	Aceitação global
Amostra 620				
Amostra 481				
Amostra 559				

Observações:

---



---

**Muito obrigada pela sua participação!**

## APÊNDICE B – RESULTADOS DO PERFIL DE ABSORÇÃO

**Tumbler Piloto:** Dados do teor de Umidade, teor de NaCl e pH de filés

Tempo (min)	pH	Umidade (g/ 100g água)	NaCl (g /100g sólidos)
0	5,88	2,96	-
10	5,94	3,14	1,22
20	6,1	3,21	1,36
30	6,18	3,22	1,44

**Tumbler Industrial:** Dados do teor de Umidade, teor de NaCl e pH de filés

Tempo de processamento (min)	pH	Umidade (g/ 100g água)	NaCl (g /100g sólidos)
0	5,78	2,86	-
15	6,15	2,93	1,38
30	6,12	2,98	1,31
45	6,16	3,01	1,39
60	6,16	3,10	1,39

## APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ANÁLISES SENSORIAIS

Provador	Sabor Salgado								Maciez							
	193	345	620	481	559	764	902	043	193	345	620	481	559	764	902	043
1	9	8	4	7	3	7	8	8	7	9	3	3	6	7	8	8
2	7	8	5	5	5	2	8	2	8	8	4	8	6	7	8	2
3	8	6	7	8	7	9	9	6	7	8	7	7	6	6	9	8
4	5	6	8	4	7	7	9	9	8	7	8	6	7	7	9	9
5	9	8	7	7	7	5	8	4	8	7	8	7	8	6	9	7
6	7	6	5	8	4	6	5	3	6	7	5	8	2	7	8	5
7	6	6	6	8	6	7	7	7	7	7	4	8	7	8	7	7
8	7	7	8	7	6	7	7	7	8	8	8	8	8	8	7	7
9	8	7	6	8	7	8	9	9	8	8	7	8	7	8	9	9
10	8	8	8	8	6	6	7	7	8	6	7	8	6	8	7	8
11	4	5	8	8	6	5	6	8	8	8	7	8	6	6	7	8
12	7	7	8	8	8	6	8	4	5	6	7	8	8	8	8	6
13	4	2	6	7	7	9	8	6	5	3	7	6	6	9	8	7
14	8	4	9	9	9	8	7	8	8	8	9	8	8	8	8	7
15	6	8	8	5	8	9	8	8	8	8	8	5	8	9	9	9
16	8	6	8	3	3	4	7	6	8	7	9	7	7	9	9	8
17	8	7	8	6	6	4	3	4	8	7	8	6	9	6	8	6
18	8	6	8	9	9	4	8	7	8	6	8	7	7	5	8	8
19	6	6	8	7	3	5	5	4	5	5	8	7	3	5	4	5
20	4	2	7	4	5	3	7	4	7	7	7	4	5	4	8	3
21	9	7	8	8	5	6	7	8	8	7	8	8	8	7	6	8
22	6	7	4	5	6	4	4	8	7	6	8	8	9	4	5	8
23	7	3	8	2	9	8	6	6	8	3	8	6	8	8	8	6
24	7	6	7	8	5	8	7	9	6	6	5	8	6	8	8	8
25	7	7	7	9	8	4	8	5	7	7	7	9	8	6	7	8
26			7	8	9	7	8	8			6	7	8	7	9	7
27			7	4	5	8	7	7			7	6	7	8	7	7
28			9	8	7	3	2	2			9	6	7	5	5	4
29						7	8	5						8	8	5
30						4	4	5						5	3	6
31						8	7	9						9	9	9
32						8	5	9						3	8	4
33						7	8	7						6	8	8
34						6	6	6						6	6	5
35						8	7	4						7	6	6
36						6	5	6						2	2	2
	<b>6,92</b>	<b>6,12</b>	<b>7,11</b>	<b>6,71</b>	<b>6,29</b>	<b>6,19</b>	<b>6,75</b>	<b>6,25</b>	<b>7,24</b>	<b>6,76</b>	<b>7,04</b>	<b>6,96</b>	<b>6,82</b>	<b>6,67</b>	<b>7,31</b>	<b>6,61</b>

Provedor	Suculência								Global							
	193	345	620	481	559	764	902	043	193	345	620	481	559	764	902	043
1	6	9	3	2	3	7	8	8	8	9	4	2	4	7	8	8
2	8	8	6	7	6	1	8	7	8	8	6	6	6	7	8	7
3	7	8	6	7	6	8	9	8	8	8	7	7	6	8	9	7
4	6	7	8	4	6	8	9	9	7	7	8	7	6	8	9	9
5	8	8	8	7	8	3	9	7	8	8	8	7	8	1	9	7
6	7	6	3	8	3	8	9	4	7	7	5	8	2	7	8	5
7	7	7	6	8	8	8	8	7	3	3	6	8	7	8	7	7
8	7	7	7	7	6	9	6	7	7	7	8	6	6	8	7	7
9	6	7	7	7	6	8	9	9	8	7	7	8	7	8	9	9
10	8	8	8	8	6	6	6	8	8	8	8	8	6	7	7	8
11	8	6	8	8	6	7	7	8	6	5	8	8	6	6	7	8
12	6	5	7	8	8	5	8	4	5	4	8	8	8	5	8	5
13	3	3	7	6	7	8	7	7	4	3	7	6	7	8	7	6
14	8	6	9	9	9	9	7	7	8	7	9	9	9	8	7	7
15	8	8	8	6	8	9	9	9	7	8	8	6	8	9	9	9
16	8	6	9	3	3	8	8	7	8	7	9	7	7	8	9	8
17	7	8	9	7	8	7	9	7	8	7	8	7	8	7	9	7
18	7	6	9	8	8	6	8	7	7	6	8	9	7	6	8	7
19	5	5	8	7	3	5	4	4	5	5	9	8	5	5	5	5
20	7	4	6	4	6	4	7	2	7	4	7	3	6	4	7	3
21	8	8	8	7	6	7	6	7	9	7	8	7	5	7	7	8
22	7	8	8	6	9	4	5	6	6	7	6	6	7	4	4	8
23	8	3	8	7	8	6	8	6	8	3	8	5	8	7	7	8
24	7	6	5	7	4	7	8	8	6	6	6	6	6	8	8	8
25	7	7	8	9	8	7	7	7	7	6	7	9	8	6	7	6
26			7	8	6	8	8	7			7	8	6	7	8	7
27			8	4	6	8	7	7			7	5	6	8	7	7
28			9	7	7	5	5	4			8	6	7	6	5	5
29						6	8	5						7	8	5
30						6	5	6						5	4	6
31						8	7	9						8	7	9
32						7	9	2						7	8	7
33						6	8	7						6	9	8
34						6	5	5						6	6	5
35						7	6	6						7	6	5
36						6	6	6						6	6	6
	<b>6,96</b>	<b>6,56</b>	<b>7,25</b>	<b>6,64</b>	<b>6,36</b>	<b>6,61</b>	<b>7,31</b>	<b>6,50</b>	<b>6,92</b>	<b>6,28</b>	<b>7,32</b>	<b>6,79</b>	<b>6,50</b>	<b>6,67</b>	<b>7,33</b>	<b>6,86</b>

## APÊNDICE D – TESTES DE TUKEY

### Aceitação do Sabor salgado

Amostra	043	193	345	481	559	620	764	902
043	1,000	0,832	1,000	0,968	1,000	0,536	1,000	0,933
193	-	1,000	0,752	1,000	0,899	1,000	0,766	1,000
345	-	-	1,000	0,926	1,000	0,464	1,000	0,872
481	-	-	-	1,000	0,986	0,991	0,942	1,000
559	-	-	-	-	1,000	0,664	1,000	0,968
620	-	-	-	-	-	1,000	0,451	0,993
764	-	-	-	-	-	-	1,000	0,887
902	-	-	-	-	-	-	-	1,000
Médias	6,250	6,920	6,120	6,714	6,286	7,107	6,194	6,750

**Notas:** 1) Correspondências da codificação de amostras: A (764), B (620), C (902), D (345), E (481), F (559), G (049), M (193);  
2) Valores em vermelho têm diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

### Aceitação da Maciez

Amostra	043	193	345	481	559	620	764	902
043	1,000	0,800	1,000	0,988	1,000	0,965	1,000	0,588
193	-	1,000	0,964	0,999	0,981	1,000	0,866	1,000
345	-	-	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	0,894
481	-	-	-	1,000	1,000	1,000	0,996	0,990
559	-	-	-	-	1,000	1,000	1,000	0,931
620	-	-	-	-	-	1,000	0,984	0,998
764	-	-	-	-	-	-	1,000	0,688
902	-	-	-	-	-	-	-	1,000
Médias	6,6111	7,2400	6,7600	6,9643	6,8214	7,0357	6,6667	7,3056

**Notas:** 1) Correspondências da codificação de amostras: A (764), B (620), C (902), D (345), E (481), F (559), G (049), M (193);  
2) Valores em vermelho têm diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

### Aceitação da Suculência

Amostra	043	193	345	481	559	620	764	902
043	1,000	0,960	1,000	1,000	1,000	0,603	1,000	0,418
193	-	1,000	0,989	0,997	0,882	0,998	0,992	0,992
345	-	-	1,000	1,000	1,000	0,787	1,000	0,650
481	-	-	-	1,000	0,998	0,861	1,000	0,743
559	-	-	-	-	1,000	0,449	0,999	0,289
620	-	-	-	-	-	1,000	0,777	1,000
764	-	-	-	-	-	-	1,000	0,616
902	-	-	-	-	-	-	-	1,000
Média	6,5000	6,9600	6,5600	6,6429	6,3571	7,2500	6,6111	7,3056

**Notas:** 1) Correspondências da codificação de amostras: A (764), B (620), C (902), D (345), E (481), F (559), G (049), M (193);  
2) Valores em vermelho têm diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

### Aceitação Global

Amostra	043	193	345	481	559	620	764	902
043	1,000	1,000	0,804	1,000	0,979	0,922	0,999	0,878
193	-	1,000	0,792	1,000	0,970	0,977	0,998	0,963
345	-	-	1,000	0,920	0,999	0,172	0,974	0,113
481	-	-	-	1,000	0,996	0,878	1,000	0,825
559	-	-	-	-	1,000	0,431	1,000	0,331
620	-	-	-	-	-	1,000	0,651	1,000
764	-	-	-	-	-	-	1,000	0,544
902	-	-	-	-	-	-	-	1,000
Média	6,8611	6,9200	6,2800	6,7857	6,5000	7,3214	6,6667	7,3333

**Notas:** 1) Correspondências da codificação de amostras: A (764), B (620), C (902), D (345), E (481), F (559), G (049), M (193);  
2) Valores em vermelho têm diferença significativa ( $p < 0,05$ ).