



## ***Reação de Maillard em Hambúrgueres como Ferramenta Motivadora do Ensino e Promotora da Interdisciplinaridade nas Ciências Farmacêuticas***

*Marcela Santos Ferreira<sup>1</sup>, Adriana Furtado Meneses<sup>2</sup>, Ana Carolina Pazzinato<sup>3</sup>, Marina Tulio Risetto<sup>4</sup>, Mayara Leandro Dutra<sup>5</sup>, Vinicius José Bolognesi<sup>6</sup>, Carlos Eduardo Rocha Garcia<sup>7</sup>*

### **Resumo**

A reação de Maillard, que ocorre entre grupos amino de proteínas e carbonila de açúcares redutores, promove coloração e sabor característicos em alimentos termoprocessados que exercem impacto sensorial do produto final. Os aspectos que envolvem a reação de Maillard em alimentos estão intimamente ligados ao ensino do profissional farmacêutico, uma vez que distintas áreas do curso podem ser interligadas na disciplina de alimentos, estabelecendo uma ferramenta prática de ensino e união de diferentes conteúdos vistos pelo aluno de graduação. Para verificar o efeito da reação de Maillard, foi elaborada carne reestruturada bovina adicionada de polifosfato e dois molhos indutores da reação, denominados barbecue e mel/mostarda, e avaliadas quanto à composição proximal e análise sensorial por preferência. Os resultados obtidos exaltaram a discussão e visão prática dos alunos de graduação em relação aos efeitos bioquímicos e físico-químicos da adição de polifosfato e/ou molhos nas amostras, estimulando a interação de áreas comuns ao ensino de farmácia voltadas para a disciplina de alimentos.

**Palavras-chave:** Farmácia. Produtos cárneos. Reação de Maillard.

### **Abstract**

The Maillard reaction, which occurs amid protein amine and reducing sugar carbonyl groups, promotes typical coloration and flavor formation in thermoprocessed foods, which develops sensorial impact over final product. The aspects that surrounds Maillard reaction in foods are intimately connected to the pharmacist lecturing, since several grad areas can be interlinked into food subject. Therefore, a practical teaching tool can be established, bringing together different contents seen by graduation students. In order to verify the effect of the Maillard reaction, ground beef patties were formulated with polyphosphate and two sauces, barbecue and honey/mustard, and evaluated by proximal composition and sensorial analysis by preference test. The obtained results praised out the practical view and discussion from the grad students in regards to biochemical and physico-chemical effects of the polyphosphate and/or sauces addition, stimulating the interaction between common areas from the pharmacy education aimed at food discipline.

**Keywords:** Maillard reaction. Meat products. Pharmacy.

## **1 Introdução**

A reação entre grupos amino presentes em proteínas e a carbonila de açúcares redutores é conhecida como reação de Maillard. Essa reação, conhecida há mais de 60 anos, resulta na formação

1 Acadêmica em Farmácia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

2 Acadêmica em Farmácia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

3 Acadêmica em Farmácia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

4 Acadêmica em Farmácia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

5 Acadêmica em Farmácia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

6 Farmacêutico, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

7 Doutor em Ciências de Alimentos, Professor adjunto da Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Curitiba, PR.



de sabor e cor característicos em alimentos termoprocessados, influenciando o armazenamento e o valor nutricional dos alimentos devido à deterioração de aminoácidos essenciais. Por outro lado, os produtos da reação de Maillard apresentam efeito protetor provido por propriedades antioxidantes (Mottram, 2007; Trevisan, 2015).

O efeito da cocção sobre as carnes e produtos cárneos se dá na formação de compostos voláteis que contribuem na formação do sabor (Boekel, 2006) e também promove a reação de Maillard. O principal produto gerado por essa reação são glicosilaminas, as quais são rearranjadas e formam produtos de desidratação e degradação, como os derivados do furfural e furanona, hidroxicetonas e compostos dicarbonila (Hodge, 1953; Ledl & Schleicher, 1990). Esses compostos, formados principalmente devido à ação do grelhamento, alteram propriedades sensoriais dos produtos cárneos, como sabor, cor, odor e textura, determinantes para a escolha do consumidor (Mottram, 1998; Mancini & Hunt, 2005).

A reação de Maillard é abordada principalmente nas áreas de química e bioquímica, comuns ao ensino do profissional farmacêutico, as quais podem ser utilizadas como instrumento de ensino relacionando conteúdos de graduação sob diferentes perspectivas, incluindo seu foco à disciplina de alimentos. Os mecanismos possíveis na reação de Maillard são influenciados pela temperatura, pH e natureza dos reagentes (ex. tipo de açúcar e/ou aminoácido) (Boekel, 2006).

O presente trabalho tem como objetivo utilizar o desenvolvimento da reação de Maillard em hambúrgueres como ferramenta motivadora do ensino e promotora da interdisciplinaridade envolvendo conteúdos de ciências farmacêuticas.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Delimitação do conteúdo interdisciplinar

O trabalho envolveu um grupo de cinco matriculados da disciplina de estágio de vivência profissional em indústria, do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Paraná, situada em Curitiba-PR. A primeira etapa consistiu na delimitação de tema promotor da interdisciplinaridade envolvendo conteúdos de alimentos relacionados às ciências farmacêuticas. Posteriormente, a reação de Maillard foi eleita como tema de estudo e desenvolveu-se fundamentação teórica sobre os parâmetros bioquímicos e exemplos práticos envolvidos.

Por fim, o objeto de estudo prático para desenvolvimento da reação de Maillard foi a carne bovina reestruturada, propondo-se a utilização de molhos (Barbecue e Mel/Mostarda) formulados com polifosfato de sódio (1000 mg/kg de matéria-prima) afim de se verificar a influência de açúcares redutores e do pH sobre a Reação de Maillard. A composição dos molhos Barbecue e Mel/mostarda encontra-se na Tabela 1.

### 2.2 Preparo das amostras

Carne bovina previamente moída do corte comercial patinho (*Vastus lateralis*) foi adquirida em açougue de Curitiba-PR e acondicionada em geladeira ( $4\pm 1^\circ\text{C}$ ) até processamento. O corte patinho foi selecionado devido a sua homogeneidade de tecido adiposo e colágeno.



Tabela 1 – Ingredientes e proporções dos molhos utilizados em carne bovina reestruturada

Formulação (molho)	Barbecue (g)		Mel/mostarda (g)	
	g	%	g	%
Molho de tomate	100	37,6	0	-
Mel	50	18,8	50	58,8
Molho inglês	30	11,3	0	-
Açúcar	12	4,5	0	-
Vinagre	12	4,5	0	-
Amido de milho	12	4,5	0	-
Mostarda	50	18,8	35	41,2
Total	266	100	85	100

A partir da matéria-prima, foram elaborados hambúrgueres de aproximadamente 100g ( $\pm 5$ ) e divididos de acordo com o tratamento: barbecue; barbecue adicionado de polifosfato mel/mostarda; mel/mostarda com polifosfato e controle. Os tratamentos com polifosfato de sódio foram acrescidos na concentração de 1000 mg/kg matéria-prima (p/p) (Tabela 2).

Tabela 2- Tratamentos e quantidades utilizadas em carne bovina reestruturada

Tratamento	Molho barbecue (g)	Molho mel/mostarda (g)	Polifosfato (mg/kg amostra)
CTRL	0	0	0
Barbecue	25	0	0
Barbecue+Poli	25	0	1,0
Mel/mostarda	0	25	0
Mel/mostarda+Poli	0	25	1,0

### 2.3 Composição química aproximada

A composição proximal da matéria prima foi realizada em triplicata de acordo com metodologia descrita em AOAC (1995). A determinação de umidade foi realizada em estufa a 105°C. O conteúdo proteico foi obtido segundo o método de Kjeldahl adotando-se o fator 6,25 para conversão do nitrogênio. A quantidade de lipídios foi determinada utilizando-se extrator de Soxhlet com uso de éter de petróleo, obtendo-se a quantidade de lipídios por diferença de peso. Por fim, o teor de resíduo mineral fixo foi encontrado por meio de incineração em mufla temperatura de 540-550°C.

As medidas de pH, em triplicata, foram realizadas na matéria-prima e nos molhos sob temperatura ambiente (25°C) com o auxílio do potenciômetro (MS TECNOPON), dotado de eletrodo para produtos cárneos, após a calibração do aparelho em soluções tampão pH 4,0 e 7,0 (AOAC, 1995).

### 2.4 Análise sensorial

Os hambúrgueres foram grelhados em chapa previamente aquecida a 250 °C, sendo invertidos a cada minuto, até que a temperatura interna, medida no centro geométrico da peça, atingisse 75°C. Para os tratamentos com os molhos barbecue e mel/mostarda, houve adição de 25g dos respectivos molhos em cada face do hambúrguer durante o grelhamento. Devido ao escurecimento provido pela reação de Maillard, em ambos os molhos houve adição de mel, uma fonte de frutose e glicose que são açúcares reconhecidos por estimular essa reação (Gois, et al, 2003).

As amostras foram comparadas quanto ao teste de ordenação da preferência, em escala sensorial, utilizando-se um painel sensorial formado por 50 provadores não-treinados que indicaram sua preferência pela aparência apresentada pelas amostras de hambúrgueres formuladas com diferentes concentrações de polifosfato e tratadas com os diferentes molhos. A avaliação estatística foi feita pelo teste de Friedman utilizando a tabela de Newell com significância de 5% (Meilgaard et al., 1999).

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Composição proximal da matéria-prima

Os valores de composição química encontrados na matéria prima estiveram de acordo com estudos prévios que avaliaram os mesmos cortes comerciais, na oportunidade utilizados para elaboração do produto cárneo charque e jerked beef (Shimokomaki et al., 1998; Pinto et al., 2002).

O resgate das práticas de composição proximal efetivou-se quando aplicada aos produtos cárneos, solidificando conceitos e técnicas empregadas em outras disciplinas da graduação de farmácia, como química, bioquímica, além de bromatologia.

Tabela 3 – Composição proximal da matéria-prima cárnea

Parâmetro	Quantidade (%)
Umidade	72,92 ( $\pm 1,88$ )
Lipídios	12,01 ( $\pm 0,57$ )
Proteínas	14,85 ( $\pm 1,07$ )
Resíduo mineral fixo	0,96 ( $\pm 0,03$ )
Total	100,74

No âmbito da ciência dos alimentos, estuda-se a interação dos aspectos bioquímicos, microbiológicos, nutricionais e sensoriais dos alimentos. Sendo assim, uma das competências lecionada nesta disciplina é a determinação dos parâmetros físico-químicos dos alimentos (Oetterer, 2006), facilitando o entendimento destes com as áreas da graduação. A realização da medida de pH é de fácil observação e acesso, permitindo compreensão dos conteúdos vistos em aula por meio de uma ferramenta simples a partir do comportamento bioquímico dos alimentos.

A fim de verificar o efeito do polifosfato sobre o pH, foram elaborados hambúrgueres contendo polifosfato, os quais tiveram efeito pouco pronunciado em relação à matéria-prima (Tabela 4). Embora os molhos barbecue e mel/mostarda sejam constituídos de diferentes ingredientes, alguns com propriedades mais ácidas, como vinagre (Tabela 1), ambos os molhos foram semelhantes quanto ao pH (Tabela 4).

A habilidade do polifosfato em elevar o pH das proteínas cárneas reside na existência de grupos fosfato carregados negativamente, os quais abstraem os íons  $H^+$  reduzindo assim acidez da carne. O aumento do pH das proteínas promove maior afinidade com a água e resulta em melhor

rendimento, cor e textura nos produtos cárneos (Young et al., 1992). Esse aditivo é comumente utilizado nas indústrias ao fornecer melhorias sensoriais, como textura e maciez, além de maior rendimento (Sheard et al., 1999). Estudo de Sheard & Tali (2004) demonstrou que o pH de lombo suíno adicionada de 5% de tripolifosfato de sódio aumentou de 5,45 para 5,75, com melhorias de 15% no rendimento, além significativa redução na força de cisalhamento, provendo maciez.

Tabela 4 – pH da matéria-prima e molhos utilizados em carne bovina reestruturada

Tratamento	pH
Matéria-prima	5,49
Carne bovina reestruturada com polifostato	5,60
Molho Barbecue	3,67
Molho Mel e Mostarda	3,74

A elevação do pH, ainda que pouco significativa, demonstra o efeito nos parâmetros físico-químicos dos alimentos, os quais são comumente empregados nas indústrias do setor alimentício. A contextualização do ensino é fundamental para que a aprendizagem seja efetiva, ficando evidente na essência dos Parâmetros Curriculares Nacionais, nos quais se preconiza que “a concepção curricular seja transdisciplinar e matricial, de forma que as marcas das linguagens, das ciências, das tecnologias e, ainda, dos conhecimentos históricos, sociológicos e filosóficos, como conhecimentos que permitem uma leitura crítica do mundo, estejam presentes em todos os momentos da prática escolar” (MEC, 2001). Com relação ao ensino superior, os princípios das Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação também preconizam fortalecer a articulação da teoria com a prática (Terci & Rossi, 2002).

### 3.2 Análise sensorial

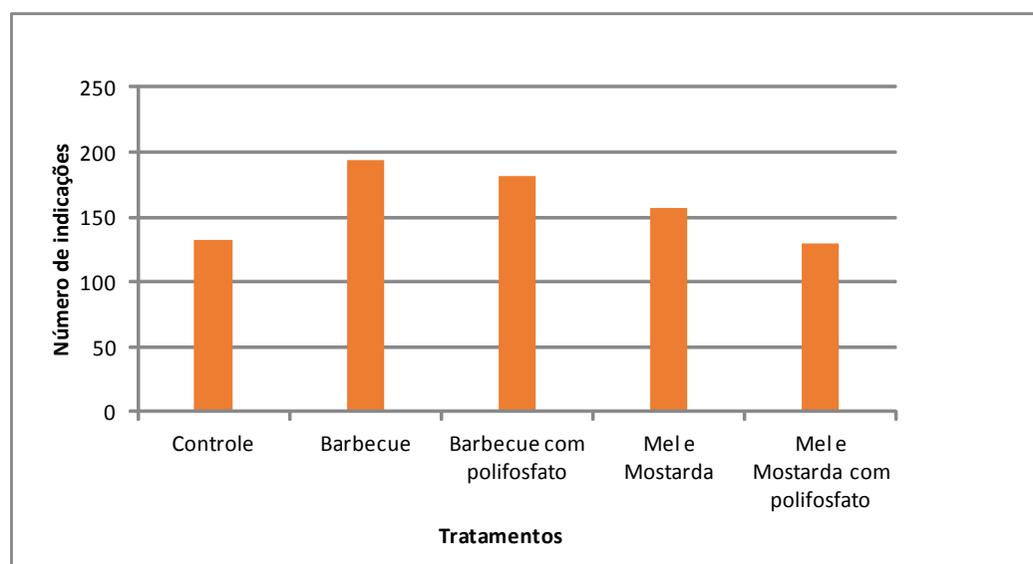
O resultado de preferência das amostras está exposto no gráfico 1 (próxima página). Devido ao processo de escurecimento resultante da reação de Maillard (Boekel, 2006), a análise sensorial visual se mostra como uma forma de avaliar o efeito dessa reação sobre o impacto no consumidor.

Foram observados alguns cuidados em relação ao teste sensorial, como elaboração de fichas de avaliação, padronização de amostras em relação ao tamanho, processamento térmico e preparo do ambiente para análise. Os cuidados com os avaliadores, a coleta dos resultados e processamento destes, mostrou na prática quais seriam os requisitos exigidos de um profissional da área.

A cor é um dos primeiros atributos avaliados pelos consumidores nos produtos cárneos, pois representa a percepção de frescor e aparência, sendo de destacada importância para a indústria do segmento cárneo (Mancini & Hunt et al., 2011). Como a cor é dependente do observador, é importante avaliar julgamento sensorial subjetivo da cor tida como aceitável em um produto cárneo.



**Gráfico 1 – Resultado avaliação sensorial pelo teste de ordenação**



O método para avaliação pode ser tanto com painéis treinados ou não treinados, com diferenças em que o primeiro apresenta maior sensibilidade quanto às diferenças na cor, enquanto o segundo é um análogo mais próximo do consumidor (O'Sullivan et al., 2003)

A partir do resultado da análise sensorial é possível destacar o efeito positivo na aceitação quando as amostras foram adicionadas dos molhos (Gráfico 1). Os resultados mostraram maior aceitação do barbecue quando comparado ao controle ( $p < 0,05$ ), ficando próximo do barbecue com polifosfato, seguido do mel e mostarda. Observa-se que o efeito do polifosfato não foi significativo na aceitação das amostras.

As diferenças no maior número de indicações entre os tratamentos podem ser explicadas pelo aspecto mais homogêneo e coloração mais coerente do molho barbecue do que mel/mostarda. Isso se deve ao fato de que o molho mel/mostarda teve em sua composição mostarda em semente, o que levou tanto a menor homogeneidade quanto coloração amarelada, levando a menor aceitação pelos provadores (Gráfico 1). No entanto, a presença de mel, constituído de glicose e frutose, que são açúcares redutores e essenciais para a fase inicial da reação de Maillard (Gois, et al, 2003), e proveu a reação de Maillard satisfatória em ambos os molhos.

Na fase inicial da reação de Maillard há produção da glucosamina N-substituída, a qual sofre um rearranjo, resultando no produto de Amadori. A degradação deste produto, que ocorrerá na próxima fase, é dependente de pH. Com o pH menor ou igual a 7, o produto de Amadori sofre enolização formando furfural e hidroximetilfurfural, diferentemente dos produtos formados com pH acima de 7, em que a principal enolização ocorre em posições diferentes, produzindo outros tipos de compostos de maior aceitação de sabor e visual (Martins et al., 2001).

O aumento do pH foi pouco significativo (Tabela 4), quando comparado a cinética da reação de Maillard, onde necessita-se de pH maior que 7 para promover características mais agradáveis (Martins



et al., 2001). Assim, os resultados de molhos com o polifosfato, obtiveram uma aceitação menor do que apenas o molho sem o aditivo.

Aliar educação, e não somente ensino, atualização de conhecimentos, questionamento construtivo e práticas diferenciadas exigem um novo perfil tanto para o professor quanto para o aluno e futuro farmacêutico, consolidando as metodologias ativas como uma ferramenta indissociável do ensino. Para tal, pode-se citar a educação problematizadora, centrada no estudante, que constrói seu conhecimento e desenvolve um discurso próprio de maneira ativa através de novas metodologias de ensino e aprendizagem, com o professor no papel de facilitador do processo (Silva et al., 2011; Limberger, 2013).

A problematização é realizada em cinco etapas: observação da realidade – é a realização pelos estudantes da tarefa social e concreta, com base em um tema ou unidade de estudo; pontos-chave – os estudantes são levados a refletir primeiramente sobre as possíveis causas da existência do problema em estudo; teorização – estudo, investigação propriamente dita (os estudantes se organizam tecnicamente para buscar as informações de que necessitam sobre o problema onde quer que elas se encontrem, dentro de cada ponto-chave definido); hipóteses de solução – todo o estudo realizado deverá fornecer elementos para os estudantes, crítica e criativamente, elaborarem as possíveis soluções; Essas etapas são articuladas entre si e possibilitam que o estudante possa desenvolver a capacidade de aprender a aprender, a aplicar o conhecimento e a trabalhar em equipe (Silva et al., 2011).

O presente trabalho faz com que o aluno de graduação em Farmácia volte seu foco na atividade prática vista no cotidiano dos alimentos, somando seu conhecimento de graduação para elaborar uma hipótese a partir de um problema, buscando conhecimento e construindo atividade interdisciplinar e coletiva.

## Conclusão

A aplicação das teorias interdisciplinares na prática, voltada para a indústria, permitiu aos alunos observarem os efeitos bioquímicos e físico-químicos, contextualizando a aprendizagem obtida ao longo das diversas disciplinas cursadas. Os dados obtidos ao final do trabalho facilitou a compreensão e discussão dos aspectos relacionados à reação de Maillard e a influência que esta sofre com a modificação do pH. A análise sensorial foi parte final da etapa experimental e proporcionou realização da avaliação perante a um painel de avaliadores, assim como é realizado nas indústrias com inserção de novos produtos no mercado, permitindo uma completa vivência na área de indústria alimentícia.

## Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official Methods of Analysis*. 16.ed. Washington, DC: AOAC, 1995.

BOEKEL, M. A. J. S. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*, Holanda, vol. 24, p. 230-233, 2006.



GOIS, G. C.; LIMA, C. A. B.; SILVA, L. T.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A. Composição do mel de *Apis mellifera*: requisitos de qualidade. *Acta Veterinaria Brasilica*, vol.7, n.2, p.137-147, 2013.

HODGE, J. E. Chemistry of browning reactions in model systems. *J. Agric. Food Chem*, vol 1, p. 928, 1953.

LEDL, F.; SCHLEICHER, E. New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. *Angew. Chem. Int.*, vol. 29, p. 565, 1990.

LIMBERGER, J. B. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem para educação farmacêutica: um relato de experiência. *Interface*, vol. 117, n. 47, p. 969-975, 2013.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. *Meat Science*, vol. 71, p. 100-121, 2005.

MARTINS, S. I. F. S.; JONGEN, W. M. F.; BOEKEL, M. A. J. S. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science & Technology*. Holanda, vol. 11, p. 364-373, 2001.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton: CRC Press LLC U.S.A, 416 p., 1999.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/semtec/ensmed/pcn.shtm>>. Acessado em 29 de Abril de 2016.

MOTTRAM, D. S. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, Grã-Bretanha, vol. 62, n. 4, p. 415-424, 1998.

\_\_\_\_\_. The Maillard Reaction: Source of Flavour in Thermally Processed Foods. In: Berger, R. G. (Ed.). *Flavours and Fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*. Alemanha: Springer, 2007. p. 269-284.

O'SULLIVAN, M. G.; BYRNE, D. V.; MARTENS, H.; GIDSKEHAUG, L. H.; ANDERSEN, H. J.; MARTENS, M. Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. *Meat Science*, vol. 65, p. 909-918, 2003.

OETTERER, M.; D'ARCE M.A.B.R.; SPOTO, M. *Fundamentos de Ciência E Tecnologia de Alimentos*. 1ª Ed. São Paulo: Manole, 2006.

PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G.; FRANCO, B. D. G. M.; SHIMOKOMAKI, M. Charqui meats as fermented meat products: role of bacteria for some sensorial properties development. *Meat Science*, vol. 61, p. 187-191, 2002.

SHEARD, P. R.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; PERRY, A.; TAYLOR, A. A. Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking. *Meat Science*, vol. 51, p. 371-376, 1999.

SHEARD, P. R.; TALI, A. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. *Meat Science*, vol. 68, p. 305-311, 2004.

SHIMOKOMAKI, M.; FRANCO, B. D. G. M.; BISCONTINI, T. M.; PINTO, M. F.; TERRA, N. N.; ZORN, T. M. T. Charqui meats are hurdle technology meat products. *Food Reviews International*, vol. 14, n. 4, p. 339-349, 1998. Disponível em:<[www.tandfonline.com/loi/lfri20](http://www.tandfonline.com/loi/lfri20)>. Acesso em:<15/01/2012>.

SILVA, R. H. A.; MIGUEL, S. S.; TEIXEIRA, L. S. Problematização Como Método Ativo De Ensino-Aprendizagem: Estudantes De Farmácia Em Cenários De Prática. *Trab. Educ. Saúde*, Rio de Janeiro, vol. 9, n. 1, p. 77-93, 2011.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução?. *Química nova*, vol. 25, n. 4, p. 684-688, 2002.

TREVISAN, A. J. B. *Formação de produtos da reação de Maillard em carne bovina (Semimembranosus) submetida a diferentes técnicas de cocção*. 2015. 107 p. Tese (Doutorado em Nutrição Humana Aplicada) - Nutrição Humana Aplicada, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

YOUNG, L. L.; PAPA, C. M.; LYON, C. E.; WILSON, R. L. Moisture retention and textural properties of ground chicken meat as affected by sodium tripolyphosphate, ionic strength and pH. *Journal of Food Science*, vol. 57, n. 6, p. 1291-1293, 1992.