



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 20, Nº 01, jan/fev de 2023

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

A clara, também chamada de albúmen, é uma solução aquosa de diversas proteínas. Uma das principais propriedades da clara é a formação de espuma. As espumas possuem uma grande variedade de aplicações na indústria alimentícia e sua formação e estabilidade está diretamente relacionada à capacidade de distensão da clara e retenção de ar. Sua estabilidade influencia no estabelecimento do tempo de vida de prateleira e aparência dos produtos alimentícios, devendo ser estável quando sujeita a uma variedade de processos, como o aquecimento, mistura e corte. Muitos produtos que apresentam espuma da clara de ovo em sua formulação têm sua vida de prateleira reduzida em função da estabilidade da espuma. Diversos fatores relacionados aos utensílios e aditivos utilizados podem interferir afetando a qualidade e o rendimento dos produtos elaborados. Compreendendo a importância das propriedades espumantes da clara do ovo para a tecnologia de alimentos. Esta revisão buscou analisar os complexos mecanismos envolvidos na capacidade de formação e estabilização da espuma, bem como os prováveis fatores que podem influenciar tanto positiva quanto negativamente na sua formação, volume e estabilização.

Palavras-chave: propriedades funcionais, proteínas do albúmen, formação de espuma, industrialização de alimentos.

Propriedades espumantes da clara do ovo

Propriedades funcionais, proteínas do albúmen, formação de espuma, industrialização de alimentos.

Sandra Regina Marcolino Gherardi¹

Jhenyfer Caroliny De Almeida^{2*}

¹Docente do curso superior de Ciência e Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí.

²Tecnóloga em Alimentos, Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí. *E-mail: jhenyfer.caroliny@outlook.com

FROTHING PROPERTIES OF EGG WHITE

ABSTRACT

The white egg, also called albumen is an aqueous solution of various proteins. One of the main properties of albumen is the foam formation. The foams have a wide variety of applications in the food industry and its formation and stability is directly related to deterrence capability and air retention of albumen. The foam stability influences the setting time of appearance and shelf life of food products, and should be stable when subjected to a variety of processes such as heating, mixing and cutting. Many products that have white egg foam in its formulation have their shelf life reduced depending on the foam stability. Several factors related to the used utensils and additives can interfere affecting the quality and yield of finished products. Understanding the importance of the foaming properties of egg white for food technology, this review aimed to analyze the complex mechanisms involved in capacity building and stabilization of the foam, as well as the likely factors that may influence both positively and negatively in their training, volume and stabilization.

Keyword: functional properties, albumen protein, foam formation, food industrialization.

INTRODUÇÃO

Clara de ovo ou albúmen é um ingrediente amplamente utilizado na indústria de alimentos, devido à sua multifuncionalidade.

As proteínas da clara são conhecidas por sua capacidade de coagulação, formação de espuma e propriedades emulsificantes, além de sua excelente qualidade nutricional.

A espuma é uma dispersão coloidal em que o gás se encontra disperso em uma fase líquida ou sólida. A espuma da clara de ovo é criada quando as moléculas de ar são capturadas e aprisionadas pelas proteínas presentes nela. Quando as claras são batidas, o ar é incorporado a elas, ao mesmo tempo em que as proteínas se desdobram e se distendem capturando e englobando o ar criando uma espuma estável.

A proteína do albúmen é elástica, permitindo que o ar capturado possa expandir com o calor, sem danificar a espuma pré-formada. Devido à coagulação das proteínas que ocorre durante o processo de formação da espuma, esta é capaz de se estabilizar com seu volume aumentado. Fatores como temperatura, presença de traços de gema, açúcar, sal (NaCl), ácidos e metais como cobre podem interferir tanto positiva quanto negativamente na capacidade de formação e estabilização das espumas.

Compreendendo a importância das propriedades espumantes da clara do ovo para a tecnologia de alimentos, buscou-se analisar os complexos mecanismos envolvidos na capacidade de formação e estabilização da espuma, bem como os prováveis fatores que podem influenciar tanto positiva quanto negativamente na sua formação, volume e estabilização.

PROPRIEDADES FUNCIONAIS

Os alimentos são sistemas multifásicos e multicomponentes, compostos por proteínas, polissacarídeos, gorduras, água, outros nutrientes em menor quantidade e aditivos.

Alimentos como leite, manteiga, margarina, molhos para salada, sobremesas, salsichas, bolos e sorvetes são emulsões ou produtos formados por

espumas na qual a parte apolar do óleo ou ar está dispersa na forma de partículas numa fase aquosa contínua contendo, macromoléculas solúveis ou dispersas tais como proteínas ou polissacarídeos (DAMODARAM, 1997).

A textura dos alimentos é determinada pelo tamanho, forma e distribuição das partículas coloidais no alimento (DAMODARAM, 1997).

Sob a perspectiva sensorial, a textura de um alimento é avaliada quando este é mastigado. Os dentes, a língua e a mandíbula exercem uma força sobre o alimento e em função da facilidade com que este se parte ou flui na boca, ele é percebido como duro, quebradiço, denso, viscoso e assim por diante (VACLAVICK & CHRISTIAN, 2008)

Propriedades funcionais podem ser definidas como as propriedades físicas e químicas das proteínas que afetam com seu comportamento os alimentos durante o processamento, estocagem, preparação e consumo. As propriedades espumantes das proteínas estão relacionadas com sua adsorção na interface e com a estrutura do filme proteico formado (deMAN, 1999).

Em diversos alimentos as proteínas funcionam como agentes formadores e estabilizadores de espuma, como por exemplo, em assados, doces, sobremesas e cerveja (BELITZ et al., 2009).

Muitos alimentos são preparados com a clara de ovo, a maioria deles é baseada nas propriedades espumantes desta, resultantes da capacidade que as proteínas do albúmen possuem de encapsular e reter o ar com facilidade, sendo considerada como uma característica extremamente desejável na indústria de alimentos (LOMAKINA & MÍKOVÁ, 2006).

• Colóides

Colóide ou dispersão coloidal simples consiste em um sistema de duas fases sendo uma fase dispersa constituída de pequenas partículas, gotículas ou bolhas suspensas contra a força da gravidade e um meio de dispersão ou fase dispersante, onde, nem uma das fases se dissolve na outra (SCHRAMM, 2005; CLARK, 2007).

Partículas coloidais normalmente possuem uma grande área superficial responsável por duas características básicas que os sistemas coloidais apresentam: dispersam a luz apresentando aparência turva, opaca ou leitosa; embora as partículas coloidais sejam grandes, formam dispersões estáveis, e tal como as soluções verdadeiras, podem existir numa variedade de fases (BETTELHEIM, 2009), como é mostrado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Tipos de dispersão coloidal

COLÓIDE	FASE DISPERSA	MEIO DISPERSANTE	EXEMPLO
Aerosol líquido	Líquido	Gás	Neblina e sprays
Aerosol sólido	Sólido	Gás	Fumaça e poeira
Espuma líquida	Gás	Líquido	Clara de ovo batida, <i>chantilly</i> , espuma da cerveja
Espuma sólida	Gás	Sólido	<i>Marshmallow</i> , e miolo de pão
Emulsão líquida	Líquido	Líquido	Leite e maionese
Emulsão sólida	Líquido	Sólido	Queijo e geléias
Sol líquido	Sólido	Líquido	Gelatina
Sol sólido	Sólido	Sólido	Pedras preciosas, pérola e ligas metálicas

Fonte: adaptado de HEDGES, (2008); SCHRAMM, (2005) e CLARKE (2004).

• Produtos Aerados

O international food information service (IFIS) (2009) define aeração como a introdução de ar em um produto com o objetivo de realçar sua textura, paladar, propriedades reológicas bem como seu apelo visual.

Bolos, pães, sorvetes e doces são exemplos típicos de produtos aerados da indústria de alimentos. Os

fabricantes têm se tornado cada vez mais interessados em explorar a inovação e a versatilidade das bolhas como ingredientes alimentares, as bolhas também criam condições no alimento que facilitam a dispersão do sabor (LAU & DICKINSON, 2006). A inclusão de bolhas nos alimentos permite oferecer ao consumidor alternativas mais leves em termos calóricos (BARIGOU, 2009).

Segundo DAMODARAM (1997) e EDWARDS (2007) todo produto aerado tecnicamente é uma espuma. O grande problema na elaboração destes produtos está em como produzir um grande volume de espuma e manter sua estabilidade mesmo quando submetida a diferentes processos tais como: mistura, corte e aquecimento (FOEGEDING et al., 2006; BEZELGUES et al., 2008).

• Espumas Alimentícias

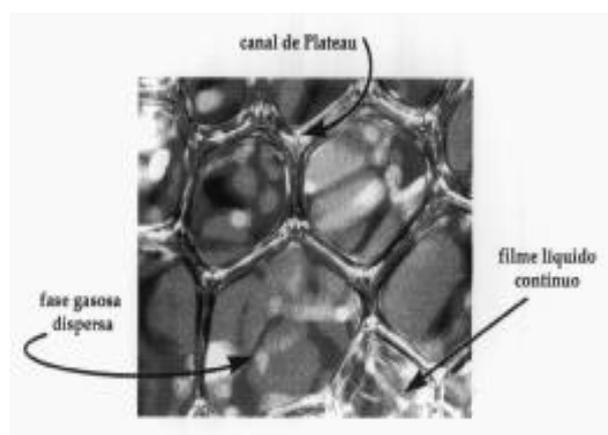
Espumas alimentícias podem ser definidas como uma dispersão de bolhas de gás, geralmente o ar, dispersas em uma fase contínua líquida ou semi-sólida (HAMLEY, 2007). São separadas por uma suspensão de proteínas que reduz a tensão superficial entre o ar e o líquido, facilitando a deformação do segundo formando assim, filmes estruturais em volta das partículas de ar, prendendo-as e formando bolhas. As bolhas de ar são aprisionadas dentro de uma rede denominada de canais de Plateau (figura 1). Estas estruturas são formadas a partir de três películas finas ou lâminas de espuma que formam as paredes das bolhas (WILDE & CLARK 1996). A capacidade que uma proteína possui de formar espuma está relacionada com a expansão do seu volume e a incorporação de ar resultante do processo de batidura ou agitação (SIKORSKI, 2007).

• Formação das Bolhas na Espuma

Bolhas são sempre percebidas por representar o melhor da comida e bebida. Suas características têm dominado a percepção do consumidor com relação à qualidade do pão, *chantilly*, sorvetes e diversas sobremesas. Nos últimos anos, tem havido um fluxo constante de novos produtos aerados em nossos supermercados tais como: *chantilly*, chocolate, *waffers*, tortas, suspiros, *snacks* extrusados e bebidas

espumantes, todos possuindo novas estruturas que são preferidas por oferecer alternativas menos calóricas (NIRANJAN & SILVA, 2008).

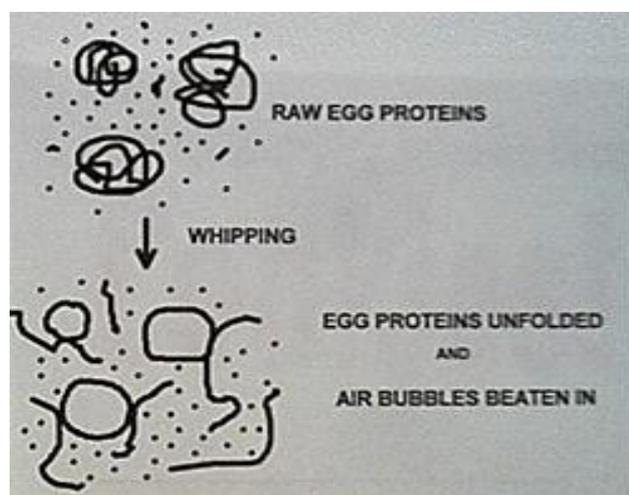
FIGURA 2 - Estrutura de uma espuma constituída de uma fase gasosa e uma fase líquida (filmes e canais de Plateau).



Fonte: FIGUEREDO et al. (1998).

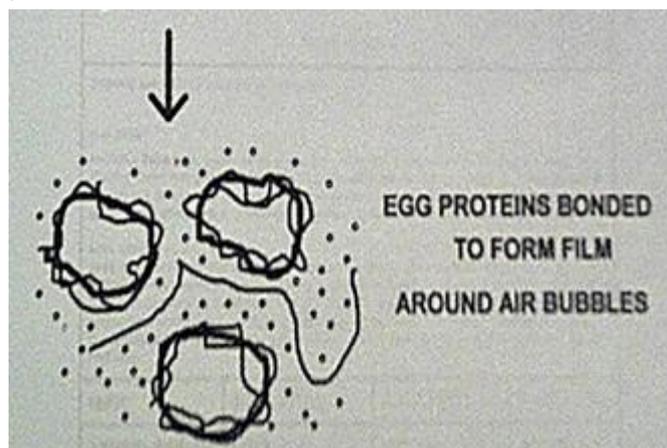
O primeiro passo na formação da espuma é a migração de proteínas para a interface entre as bolhas de ar e a fase aquosa. Na interface as proteínas se desdobram e orientam sua região apolar para a fase gasosa (figura 2). As proteínas adsorvidas então na superfície das bolhas começam a formar camadas de proteína desnaturada as quais encapsulam as bolhas de ar evitando o colapso destas (figura 3). A espuma é uma estrutura que pode ser produzida por agitação mecânica como na batida das claras de ovo (CULBERTSON, 2006).

FIGURA 3 - Desdobramento das proteínas durante a batida das claras



Fonte: <http://www.cookies-in-motion.com/images/eggfoamformation.jpg>, acessado em Agosto de 2022.

FIGURA 4 - Encapsulamento das bolhas de ar pelas proteínas



Fonte: <http://www.cookies-in-motion.com/images/eggfoamformation1.jpg>, acessado em Agosto de 2022.

• **Estabilização da Espuma**

A estabilização da espuma é a parte mais difícil do processo. Alguns sistemas tais como a clara de ovo, formam espuma facilmente e sofrem coagulação durante o aquecimento, sendo esta uma característica desejável na indústria de alimentos. A questão é conseguir produzir uma camada entre as bolhas que seja suficientemente estável para que as bolhas formadas não venham a estourar antes que o alimento seja consumido (EDWARDS, 2007).

A tensão interfacial entre a fase dispersa e a fase contínua é um fator importante no controle da estabilidade da espuma. Uma alta tensão entre as duas fases pode ser prejudicial à estabilidade da espuma, enquanto a baixa tensão, resultante do acúmulo de moléculas na superfície da interface, é benéfica para a estabilização do sistema (SAHI, 2008).

A espuma da clara de ovo é formada pela agitação da solução proteica, formando uma camada viscoelástica densa na interface ar-água desempenhando papel importante na estabilização da espuma formada (WILDE & CLARKE, 1996).

Proteínas consideradas boas formadoras de espuma exibem uma ou mais das seguintes propriedades moleculares: elevada taxa de difusão e adsorção na interface; capacidade de desdobramento e desnaturação na interface; capacidade para formar associações intermoleculares com outras moléculas resultando na formação de um filme coeso em torno

das bolhas de ar.

A superfície hidrofóbica das proteínas está relacionada com a sua capacidade para formar espuma sendo importante para que ocorra o desdobramento da proteína na interface (CULBERTSON, 2006).

- **Clara de Ovo ou Albúmen**

O albúmen ou clara do ovo é o segundo maior componente do ovo in natura (DANGARAN et al., 2009), compreende em torno de 58% do peso de um ovo e é composto basicamente por água e proteínas (MINE & D'SILVA, 2008; VACLAVICK & CHRISTIAN, 2008). A clara do ovo é constituída por camadas que diferem no grau de viscosidade, alternando de denso para fino. O albúmen denso está mais aderido à gema enquanto o fino se encontra mais aderido à casca (BROWN, 2008). Em ovos mais velhos, o albúmen denso e o fino tornam-se indistinguíveis (VACLAVICK & CHRISTIAN, 2008).

Com relação à capacidade de formação de espuma, a clara de ovo forma uma das espumas de mais alta qualidade devido às propriedades da ovoalbumina, globulinas e ovomucóide, que fazem parte da sua composição (CULBERTSON, 2006).

A capacidade de formação e estabilização da espuma pelas proteínas varia de uma para outra, por isso, a mistura de proteínas que compõem a clara do ovo é particularmente adequada. Enquanto as globulinas facilitam a formação de espuma, a ovomucina estabiliza esta, e a ovoalbumina e a conalbumina permitem a fixação através de coagulação térmica (BELITZ et al., 2009).

Na tabela 1 é mostrada a composição proteica do albúmen, bem como o ponto isoelétrico (PI) e a respectiva temperatura de desnaturação de cada proteína.

A espuma da clara de ovo é obtida mediante o processo mecânico de batidura (VACLAVICK & CHRISTIAN, 2008; KIRK-OTHMER, 2007) e muitos pesquisadores têm procurado encontrar novos métodos para melhorar o volume e a estabilidade da espuma formada (LOMAKINA & MÍKOVÁ, 2006).

TABELA 1- Proteínas presentes no albúmen do ovo

Proteína	% do total de proteínas	PI	T° de desnaturação (C°)
Ovoalbumina	54	4,5	84,0
Conalbumina (ovotransferrina)	12	6,1	61,0
Ovomucóide	11	4,1	77,0
Ovomucina	3,5	4,5-5,0	-
Lisozima (Ovoglobulina G ₁)	3,4	10,7	75,0
Globulina G ₂	4,0	5,5	92,5
Globulina G ₃	4,0	5,8	-
Avidina	0,05	10,0	-

P I- ponto isoelétrico.

Fonte: Adaptado de ALLEONI, (2006).

- **Formação e Função Espumante da Clara de Ovo**

Os ovos desempenham diversas funções como ingredientes de alimentos, devido a sua variada composição principalmente no que se refere à fração protéica. As proteínas da clara do ovo funcionam de forma muito eficaz nos alimentos aerados onde a introdução de ar sob a forma de pequenas bolhas e a posterior estabilização é favorecida por estas (KIOSSEOGLU & PARASKEVOPOULOU, 2006). Quando a espuma da clara do ovo é aquecida, as proteínas coagulam ao redor das bolhas de ar, mantendo a espuma estável.

A capacidade de clara de ovo de se transformar numa espuma que aumenta de seis a oito vezes o seu volume original ao ser batida é de grande valor na preparação de alimentos (VACLAVICK & CHRISTIAN, 2008).

As claras de ovos frescos dão origem à formação de espumas mais estáveis por possuírem claras densas. Ovos mais velhos possuem claras mais finas que ao serem batidas formam um maior volume, porém apresentam menor estabilidade podendo sofrer colapso durante o aquecimento. Possuem como função tecnológica a capacidade de promover a aeração e a leveza de um grande número de produtos alimentícios tais como: omeletes aerados, suflês, bolos, pão de ló e suspiros (BROWN, 2008).

- **Etapas da Formação da Espuma**

A clara de ovo ao ser batida sofre modificações até atingir o ponto ideal. Estas modificações são descritas a seguir.

FIGURA 5 - Clara crua

1. **Clara sem bater** → Pequeno volume de albúmen denso e delgado;



Fonte: <http://fxcuisine.com/blog/images/desserts/homemade-french-meringues/meringues-01-1000.jpg>, acessado em Agosto de 2022.

FIGURA 6- Fase inicial da formação da espuma.

2. **Espuma** → Estrutura instável, transparente, apresenta bolhas com grande volume de ar que se rompem se o processo de batimento for interrompido;



Fonte: <http://image.examiner.com/images/blog/wysiwyg/image/egg-whites-whipped.jpg>, acessado em Agosto de 2022.

3. **Picos moles** → Apresenta textura uniforme e brilhante. A espuma forma picos quando puxada, porém, estes não são firmes se dobrando sob si mesmos e

se desfazendo;

FIGURA 7 - Formação de picos moles



Fonte: <http://i10.tinypic.com/4mj6m8z.jpg>, acessado em Agosto de 2022.

4. **Picos firmes** → Espuma se apresenta branca, brilhante, elástica e lisa. As bolhas de ar são menores e mais finas. O volume é elevado e os picos ficam quase em linha reta com uma ligeira curvatura, sendo este, o ponto ideal;

FIGURA 8- Formação de picos firmes



Fonte: <http://glutenfreecookingschool.com/wordpress/wp-content/uploads/2007/08/egg-whites-soft-peaks.JPG>, acessado em Agosto de 2022.

FIGURA 9 - Picos firmes



Fonte: http://image.examiner.com/images/blog/wysiwyg/image/egg_whites_whipped.jpg

5. **Fase seca** → Resultante do excesso de batida das claras. A espuma terá um tom branco opaco perdendo elasticidade, brilho e suavidade. A espuma torna-se quebradiça e sofre diminuição no volume (BROWN 2008).

FIGURA 9- Fase seca da espuma



Fonte: <http://adventuresinshaw.files.wordpress.com/2008/05/egg-whites-whipped-2.jpg>, acessado em Agosto de 2022.

FATORES QUE AFETAM O VOLUME E A ESTABILIDADE DA ESPUMA DA CLARA DE OVO

Diversos são os fatores que podem afetar a formação da espuma e sua consequente estabilização, tais como:

- **Temperatura**

A capacidade de formação de espuma pode ser melhorada através do leve aquecimento da fração protéica, que provoca o afrouxamento da estrutura da proteína, permitindo seu rápido desdobramento. Ao contrário, o aquecimento excessivo leva a intensa desnaturação provocando diminuição na formação e estabilização da espuma devido ao decréscimo da solubilidade inicial da proteína dando origem à formação de filmes interfaciais inflexíveis e rígidos (CULBERTSON, 2006; IBANOGLU & ERÇELEBI, 2007; TALANSIER et al., 2009).

Temperaturas de refrigeração diminuem a formação de espuma enquanto o aquecimento da clara de ovo seca a 80° C por alguns dias antes da sua utilização aumenta a estabilidade da espuma formada (SIKORSKI, 2007).

- **Contaminação da clara com traços de gema de ovo**

A contaminação da clara de ovo por traços de gema é um problema comum na indústria de ovoprodutos (WANG & WANG, 2009b) Esta situação pode ocorrer devido a falhas no processo de separação da clara da gema. A presença de gema reduz drasticamente a formação de espuma. Esta situação é resultante dos lipídios presentes na gema que, mesmo em diminutas concentrações, podem inibir a absorção de proteínas na interface ar-água evitando a formação do filme interfacial de proteínas, afetando o volume e a estabilidade da espuma ou mesmo inibindo sua formação (KIOSSEOGLU & PARASKEVOPOULOU, 2006; WANG & WANG, 2009a; CULBERTSON, 2006).

- **Adição de açúcar**

Quanto maior a concentração de açúcar menor o volume de espuma formado, condição que parece estar relacionada com a maior viscosidade do meio impedindo que maior quantidade de ar seja incorporada ao sistema, porém esta situação gera uma maior estabilidade da espuma formada, (FOEGEDING, et al., 2006; VACLAVICK & CHRISTIAN, 2008; YANG & FOEGEDING, 2010).

- **pH**

Valores de pH abaixo de 6,0 principalmente próximo ao PI da ovoalbumina (4,5), aumentam a capacidade de formação de espuma (SIKORSKI, 2007; LIANG & KRISTINSSON, 2007).

A estabilidade e firmeza também aumentam, principalmente em pH 5,0, sendo o contrário observado em valores de pH mais elevados. Em pH próximo ao PI da ovoalbumina (4,5) que é a proteína que responde pelo maior valor protéico da clara de ovo, esta e a ovomucóide se encontram pouco carregadas fazendo com que a carga total das proteínas e a repulsão intermolecular destas em pH 5,0 seja baixa, resultando em uma adsorção mais intensa das proteínas do albúmen na interface ar-água intensificando as interações criando filmes protéicos mais estáveis e firmes o que explica a maior estabilidade e firmeza da espuma neste pH (KUROPATWA, 2009).

- **Adição de sal (NaCl)**

A adição de sal influencia a capacidade de formação de espuma das proteínas, pois o sal afeta a solubilidade, viscosidade, desdobramento e agregação das proteínas (ZAYAS, 1997).

O sal aumenta o volume e a capacidade de formação de espuma da clara do ovo, porém, reduz a estabilidade desta. Este fato parece ser devido a cargas neutras de NaCl que podem abrigar as cargas das moléculas de proteína reduzindo a repulsão eletrostática entre as moléculas de proteína adsorvidas e não-adsorvidas facilitando assim, a adsorção na interface ar-água (RAIKOS et al., 2007; VACLAVICK & CHRISTIAN, 2008).

- **Presença de Cobre**

Espumas preparadas com íons cobre demoram mais a se formar, porém, são mais estáveis (FIGONI, 2007; SAGIS et al., 2001).

Tem sido sugerido que a conalbumina na presença de íons cobre Cu^{+2} , se ligue a estes, formando o complexo cobre-proteína o qual é mais resistente a desnaturação superficial promovendo assim, certa proteção contra a batida em excesso que levaria a formação da espuma seca (COULTATE, 2009).

Os íons cobre não possuem efeito sobre a estabilidade das espumas preparadas a partir do ovo em pó. Fato que provavelmente se deva à desnaturação parcial das proteínas durante o processo de secagem e tratamento térmico do produto (SAGIS et al., 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A clara de ovo é um ingrediente largamente utilizado na indústria de alimentos devido às suas propriedades funcionais que permitem a elaboração de uma gama de produtos inovadores e menos calóricos.

A fabricação de produtos aerados responde por uma destas grandes utilizações industriais do albúmen. Diversos pesquisadores têm se dedicado ao estudo dos mecanismos de formação e estabilização da espuma e dos fatores que influenciam este mecanismo. Porém, muitas pesquisas ainda precisam ser realizadas para que se consiga compreender definitivamente todas as modificações

que ocorrem na clara durante a formação da espuma e que ferramentas utilizar para obter o máximo de formação e estabilização desta.

REFERÊNCIAS

- ALLEONI, A. C. C. Albumen protein and functional properties of gelation and foaming. **Scientia Agricola**. v.63, n.3, p.291-298, 2006.
- BARIGOU, M. Solid-Liquid Mixing. In: **Food Mixing: Principles and Applications**. Wiley-Blackwell. 2009. 292p.
- BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4th revised and extended Edition. Springer-Verlag. 2009. 1070p.
- BETTELHEIM, F. A.; BROWN, W. H.; CAMPBELL, M. K.; FARRELL S. O. **Introduction to General, Organic and Biochemistry**. 2009. 839p.
- BEZELGUES, J. B.; SERIEYE, S.; CROSSET-PERROTIN, L.; LESER, M. E. Interfacial and foaming properties of some food grade low molecular weight surfactants. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**. v.331, p.56-62, 2008.
- BROWN, A. **Understanding Food: principles & preparation**. 3^d ed. Thomson Learning, Inc. 2008. 619p.
- CLARK, C. C. Colloidal State. In: **This Living World**. Doubleday, Doran & Company, Inc. 2007. 532p.
- CLARKE, C. **The Science of Ice Cream**. The Royal Society of Chemistry. 2004. 187p.
- COULTATE, T. P. **Food: The Chemistry of its Components**. Royal Society of Chemistry. 2009. 501p.
- CULBERTSON, J. D. Food Protein Functionality. In: **Handbook of Food Science, Technology and engineering**. v.1. Taylor and Francis Group. 2006. 1000p.
- DAMODARAN, S. Protein-Stabilized Foams and Emulsions. In: **Food Proteins and Their Applications**. Marcel Dekker Inc. 1997. 669p.
- DANGARAN, K.; TOMASULA, P. M.; QI, P. Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coating. In: **Edible Films and Coating for Food Applications**. Springer Science+Business Media, LLC. 2009. 403p.
- deMAN, J. M. **Principles of Food Chemistry**. 3^d ed. Aspen Publishers, Inc. 1999. 532p.
- EDWARDS, W. P. **The Science of Bakery Products**. The Royal Society of Chemistry. 2007. 259p.

- FIGONI, P. **How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Science**. 2^d ed. John Wiley & Sons, Inc. 2007. 416p.
- FIGUEREDO, R. C. R.; RIBEIRO F. A. L.; SABADINI, E. Ciência de espumas - aplicação na extinção de incêndios. **Química Nova**, v.22, n.1, p. 126-130, 1999.
- FOEGEDING, E. A.; LUCK, P. J.; DAVIS, J. P. Factors determining the physical properties of protein foams. **Food Hydrocolloids**, v.20. p. 284-292. 2006.
- HAMLEY, I. W. **Introduction to Soft Matter: synthetic and biological self-assembling materials**. Rev. Ed. John Wiley & Sons. Ltd. 328p. 2007.
- HEDGES, E. S. **Colloids**. Butter & Tanner, Ltd. 2007. 288p.
- IBANOGLU, E., ERÇELEBI, E. A. Thermal denaturation and functional properties of egg proteins in the presence of hydrocolloid gums. **Food Chemistry**, v.101, p.626–633, 2007.
- INTERNATIONAL FOOD INFORMATION SERVICE. **Dictionary of Food Science & Technology**. 2^d ed. Wiley-Blackwell. 2009. 488p.
- KIOSSEOGLOU, V.; PARASKEVOPOULOU, A. Eggs. In: **Bakery Products: science and technology**. Hui, H. Y. Blackwell Publishing.. 2006. 576p
- KIRK-OTTMER. **Food and Feed Technology**. vol.1 Wiley-Interscience. 2007. 1760p.
- KUROPATWA, M.; TOLKACH, A. KULOZIK, U. Impact of pH on the interactions between whey and egg white proteins as assessed by the foamability of their mixtures. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.2174–2181, 2009.
- LAU, C. K.; DICKINSON, E. Microstructural evolution during thermal processing of a high-sugar aerated system stabilized by food proteins. In: **Gums and Stabilisers for the Food Industry 13**. The Royal Society of Chemistry, 2006. 495p.
- LIANG, Y.; KRISTINSSON, H. G. Structural and foaming properties of egg albumen subjected to different pH-treatments in the presence of calcium ions. **Food Research International**. v.40, p.668–678, 2007.
- LOMAKINA K.; MÍKOVÁ, K. A Study of the factors affecting the foaming properties of egg white – a review. **Czech Journal of Food Science**. v.24, p.110–118, 2006.
- MINE, Y.; D'SILVA, I. Bioactive components in egg white. In: **Egg Bioscience and Biotechnology**. Mine, Y. John Wiley & Sons Inc. 2008. 307p.
- NIRANJAN, K.; SILVA, S. F. J. Bubbles in Foods: creating structure out of thin air. In: **Food Engineering: integrated approaches**. Springer Science+Business Media, LLC. 2008. 475p.
- RAIKOS, V.; CAMPBELL, L.; EUSTON, S. R. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. **Food Research International**. v.40, p. 347–355, 2007.
- SAGIS, L. M. C.; de GROOT-MOSTERT, A. E. A.; PRINS, A.; van der LINDEN, E. Effect of copper ions on the drainage stability of foams prepared from egg white. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**. v.180, p.163–172, 2001.
- SAHI, S. S. Cake Emulsions. In: **Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods**. CRC Press Taylor & Francis Group. 2008. 283p.
- SCHRAMM, L. L. **Emulsions, Foams, and Suspensions: fundamentals and applications**. WILEY-VHC Verlag GmbH & Co KGaA. 2005. 401p.
- SIKORSKI, Z. E. The Role of Proteins in food. In: **Chemical and Functional Properties of Food Components**. 3^d ed. Taylor & Francis Group, LLC. 2007. 532p.
- TALANSIER, E.; LOISEL, C.; DELLAVALLE, D.; DESRUMAUX, A.; LECHEVALIER, V.; LEGRAND, J. Optimization of dry heat treatment of egg white in relation to foam and interfacial properties. **Food Science and Technology**, v.42, p.496–503, 2009.
- VACLAVICK, V. A., CHRISTIAN, E. W. **Essentials of Food Science**. 3^d ed. Springer Science+Business Media, LLC. 2008. 571p.
- WANG, G.; WANG, T. Effects of yolk contamination, shearing, and heating on foaming properties of fresh egg white. **Journal of Food Science**, v.74, n.2, p.147-156, 2009a.
- WANG, G.; WANG, T. Improving foaming properties of yolk-contaminated egg albumen by basic soy protein. **Journal of Food Science**, v.74, n.8, p.581-587, 2009b.
- WILDE, P. J.; CLARKE, D. C. Foam Formation and Stability. In: **Methods of Testing Protein Functionality**. Blackie Academic & Professional. 1996. 265p.

YANG, X.; FOEGEDING, A. Effects of sucrose on egg white protein and whey protein isolate foams: factors determining properties of wet and dry foams (cakes). **Food Hydrocolloids**, v.24, p. 227-238, 2010.

ZAYAS, J. F. **Functionality of Protein Food**. Springer-Verlag. 1997. 373p.