



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CARLA LETICIA CRAVO BROCA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MERENGUES E
SUSPIROS ELABORADOS COM SACAROSE DE
DIFERENTES GRANULOMETRIAS**

CARLA LETICIA CRAVO BROCA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MERENGUES E
SUSPIROS ELABORADOS COM SACAROSE DE
DIFERENTES GRANULOMETRIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Adelaide Del Pino Beleia

Londrina
2017

CARLA LETICIA CRAVO BROCA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MERENGUES E
SUSPIROS ELABORADOS COM SACAROSE DE
DIFERENTES GRANULOMETRIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^a. Dr^a. Adelaide Del Pino Beleia
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dr^a. Marta de Toledo Benassi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dr^a. Sandra Helena Prudêncio
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr^a. Ana Paula Bilck
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 18 de abril de 2017.

Broca, Carla Letícia Cravo.

Propriedades mecânicas de merengues e suspiros elaborados com sacarose de diferentes granulometrias / Carla Letícia Cravo Broca. - Londrina, 2017. 59 f.

Orientador: Adelaide Del Pino Beleia.

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2017. Inclui bibliografia.

1. Merengue - Tese. 2. Suspiro - Tese. 3. Sacarose - Tese. I. Beleia, Adelaide Del Pino . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

À minha família,
por me amar incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por renovar suas misericórdias todos os dias em minha vida, me dando saúde e sabedoria para desempenhar as funções necessárias para seguir e concluir o mestrado.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Departamento de Ciência e Tecnologia em alimentos, pela oportunidade e apoio para realização desta pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Doutora Adelaide Del Pino Beleia, pela orientação, atenção, compreensão e contribuição fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

À Confeitaria Suíça de Londrina, pelo apoio a pesquisa com suspiro, disponibilização de amostras e amizade.

Ao professor Fábio Yamashita pelo auxílio e aconselhamento durante as análises estatísticas.

À pós-doutoranda Ana Paula Bilck, pelo auxílio durante a execução da análise de textura, carinho e amizade.

Ao laboratório de multiusuários, pela realização da microscopia eletrônica de varredura.

Aos meus colegas de laboratório, pelo auxílio, sugestões, amizade e convivência durante a realização dos experimentos.

À minha família e amigos, pelas orações, apoio e palavras de incentivo.

À todos que contribuíram de alguma forma para que esta etapa fosse concluída.

BROCA, Carla Leticia Cravo. Propriedades mecânicas de merengues e suspiros elaborados com sacarose de diferentes granulometrias. 2017. 59 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

Merengue é uma espuma viscoelástica, e o suspiro, é uma espuma sólida, ambos são importantes na confeitaria e sobremesas que usam ingredientes simples, como clara de ovos e sacarose. O objetivo foi analisar as propriedades físico-químicas e mecânicas de suspiros fabricados pelos métodos suíço e francês, com sacarose de confeito, refinada e cristal, e o comportamento no armazenamento em diferentes umidades relativas do ar. O rendimento dos suspiros elaborados esteve entre 60,52 e 71,79 %. Independentemente do tipo de sacarose as espumas elaboradas pelo método francês, tiveram um aumento na força máxima após 1 hora da produção, seguida de uma queda após duas e três horas. O método suíço teve redução da força máxima de compressão com o passar do tempo independente da granulometria de sacarose. A espuma produzida com sacarose comercial açúcar refinado, mostrou os maiores valores de força máxima quando comparada às espumas elaboradas com sacaroses comerciais, açúcar de confeito e cristal. Os suspiros da técnica francesa tiveram dureza inicial que variou a força máxima de compressão entre 44,6 N (sacarose de confeito) e 34,2 N (sacarose refinada). A dureza inicial dos suspiros preparados de acordo com o método suíço variou a força máxima de compressão entre 47,1 N (sacarose de confeito) a 117,5 N (sacarose refinada). As curvas de compressão de todos os suspiros apresentaram comportamento semelhante. Os suspiros elaborados pela técnica suíça tiveram valores de atividades de água muito próximas, entre 0,311 (sacarose de confeito) e 0,398 (sacarose cristal). O suspiro elaborado pela técnica francesa com sacarose refinada (0,232) apresentou a menor atividade de água. Os gráficos g de água/g de sólidos *versus* tempo (h) dos suspiros mostraram um decréscimo no conteúdo de umidade em ambas as umidades relativas do ar após 24 horas, exceto no suspiro fabricado com a sacarose cristal, que teve maior estabilidade durante o tempo de análise. As isotermas das sacaroses e suspiros, foram traçadas até 0,8 de atividade de água, pois acima disto há desestabilização das amostras. Quanto à luminosidade, o suspiro elaborado pelo método suíço com sacarose tipo cristal apresentou o maior valor (92,95), sendo o mais claro, e o suspiro francês elaborado com sacarose tipo confeito apresentou o menor valor (84,25), sendo o mais escuro. A sacarose comercial do tipo cristal pôde ser classificada cristal único pela microscopia eletrônica de varredura e as sacaroses do tipo confeito e refinada, foram classificadas como aglomerados de cristais. A microscopia eletrônica do suspiro comercial armazenados durante 7 dias em UR de 0% e 75% mostrou cristais perfeitos na superfície e alta porosidade em seu interior.

Palavras-chave: Clara de ovos. Merengue. Atividade de água. Isotermas de sorção. Textura.

BROCA, Carla Leticia Cravo. Mechanical properties of raw and baked meringues produced with sucrose of different granulometrys . 2017. 59 p. Master Thesis - Londrina State University, Londrina, 2016.

ABSTRACT

Meringues, the viscoelastic foam, and baked meringues, the solid foam, are important products in confectionary and in desserts, and use simple ingredients, egg whites and sucrose. The objective was to analyze the physicochemical and mechanical properties of meringues prepared by the Swiss and French methods with confectionary, granulated and crystal sucrose and the behavior during storage in different air humidity. Yield of the baked product varied between 60.5 and 71.8%. Meringue foams elaborated by the French method had increase in the maximum deformation force one hour after beating, independent of the sugar granulometry, followed by reduction in the force after 2 and 3 hours of standing. Swiss method prepared foams had reducing maximum compression force at all times after beating, independent of sugar granulometry. Foams produced with granulated sugar had the highest values for maximum deformation force compared to foams of confectionary and crystal sugars. Baked meringues of the French method had maximum compression force between 44.6N for confectionary sugar and 34.2 for granulated sugar. Hardness of the baked meringues prepared by the Swiss method varied between 47.1 N with confectionary sugar and 117.5 N for granulated sugar. The compression curves of all the baked meringues had similar behavior. Baked meringues prepared by the Swiss method had water activity between 0.311, for confectionary sugar and 0.398 for crystal sugar. Baked meringue prepared by the French method with granulated sugar had the lowest water activity, 0.232. Isotherms in g water in g of solids *versus* time of storage at 68 and 75% relative humidity had reduction in moisture compared to the initial value after 24 h, except for baked meringue prepared with crystal sugar. Isotherms were determined for the sugars and baked meringues up to 0.8 water activity but above this value samples were not stable. Luminosity of Swiss type baked meringue with crystal sucrose had the highest value, 92.95 and French stile baked meringue prepared with confectionary sugar had the lowest value, 84.25, being the darkest sample. The sugar with very regular crystal structure was the one classified as crystal, while granulated sugar had very irregular solidification forms by electronic scan microscopy (SEM), an agglomerated appearance. SEM of a commercial sample of baked meringue stored for 7 days at 0 and at 75 % relative humidity, had images of apparent crystal on the surface and a very porous internal structure.

Keywords: egg white, meringues, water activity, sorption isotherm, texture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura química da sacarose.....	19
Figura 2 - Agitador de peneiras Bertel Indústria Metalúrgica.....	24
Figura 3 - Texturômetro (TA.XT2i – Texture Analyser).....	27
Figura 4 - Distribuição por tamanho de cristais de sacaroses comerciais utilizadas para elaboração de suspiros	30
Figura 5 - MEV de sacarose com diferentes granulometrias denominadas comercialmente como: (a); sacarose de confeito; (b) sacarose refinada; (c) sacarose cristal.	32
Figura 6 - Cristal único de sacarose.	32
Figura 7 - Suspiros, em dois diferentes ângulos, elaborados pelo método francês com sacarose do tipo: (a) confeito; (b) refinada e (c) cristal, respectivamente.....	34
Figura 8 - Suspiros, em dois diferentes ângulos, elaborados pelo método suíço com sacarose do tipo: (a) confeito; (b) refinada e (c) cristal, respectivamente.....	35
Figura 9 – Suspiro comercial, em dois diferentes ângulos, elaborado pelo método suíço com sacarose do tipo refinada.....	35
Figura 10 – Força máxima de compressão dos merengues (método francês), com sacarose de diferentes granulometrias, frente uma força de compressão em diferentes tempos. 0: tempo inicial e após 1, 2, e 3 horas.	39
Figura 11 - Curvas de compressão típicas do merengue elaborada pela técnica francesa com sacarose do tipo confeito. Inicial: tempo inicial; T1, T2 e T3: após 1, 2, e 3 horas.....	39
Figura 12 - Força máxima de compressão dos merengues (método suíço), com sacarose de diferentes granulometrias, frente uma força de compressão em diferentes tempos. 0: tempo inicial e após 1, 2 e 3 horas.	41
Figura 13 - Curvas de compressão típicas de merengue elaborado pela técnica suíça com sacarose do tipo refinada. Inicial: tempo inicial; T1, T2 e T3: após 1, 2, e 3 horas.	41
Figura 14 - Força de compressão máxima (N) de suspiros fabricados pelos métodos francês e suíço a partir de sacarose com diferentes granulometrias e armazenados em UR de 68 e 75% durante 7 dias.....	43

Figura 15 - Curvas de compressão típicas de suspiro elaborado pela técnica francesa com sacarose cristal. Inicial: tempo inicial; UR 68%: armazenado por 7 dias a UR 65%. UR 75%: armazenado por 7 dias a UR 75%.	44
Figura 16 - Curvas de compressão típicas de suspiro elaborado pela técnica suíça com sacarose cristal. Inicial: tempo inicial; UR 68%: armazenado por 7 dias a UR 65%. UR 75%: armazenado por 7 dias a UR 75%.	44
Figura 17 - g de água/g de sólidos <i>versus</i> tempo (h) durante um período de 48 horas de equilíbrio dos suspiros fabricados pelo método francês em UR de 68% e 75%.	47
Figura 18 - g de água/g de sólidos <i>versus</i> tempo (h) durante um período 48 horas de equilíbrio dos suspiros fabricados pelo método suíço em UR de 68% e 75%.	47
Figura 19 - Isotermas de sacaroses comerciais com diferentes granulometrias à 25°C.	49
Figura 20 - Isotermas à 25°C de suspiros comerciais fabricados pelo método suíço com açúcar refinado.	49
Figura 21 - Isoterma de suspiros fabricados pelo método Francês com diferentes granulometrias de sacarose.	50
Figura 22 - Isoterma de suspiros fabricados pelo método Suíço com diferentes granulometrias de sacarose.	51
Figura 23 - MEV de suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR de 0%: (a) Superfície do suspiro; (b) Interior do suspiro; (c) Interior do suspiro.	52
Figura 24 - Percentagem de distribuição dos tamanhos das bolhas de ar em suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR 0%.	52
Figura 25 - MEV de suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR de 75%: (a) Superfície do suspiro; (b) Interior do suspiro; (c) Interior do suspiro.	53
Figura 26 - Percentagem de distribuição dos tamanhos das bolhas de ar em suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR 75%.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Abertura das peneiras selecionadas.	24
Tabela 2 - Formulações dos suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço e do suspiro comercial.....	25
Tabela 3 - Distribuição por tamanho de cristais de sacarose em Percentagem retida no crivo.....	31
Tabela 4 - Rendimento de suspiro de acordo com o método e granulometria da sacarose empregada.....	33
Tabela 5 – Composição físico-química de suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço com diferentes granulometrias de sacarose (g/100g).	36
Tabela 6 - Determinação instrumental de cor em suspiros fabricados pelos métodos francês e suíço com diferentes granulometrias de sacarose.....	37
Tabela 7 – Força de compressão dos merengues (método francês) com sacarose de diferentes granulometrias.	38
Tabela 8 – Força máxima de compressão dos merengues (método suíço), com sacarose de diferentes granulometrias.....	40
Tabela 9 - Força máxima de compressão de suspiros armazenados em diferentes umidades relativas do ar (68% e 75%) durante 7 dias.	42
Tabela 10 - Atividade de água dos suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço com sacarose de diferentes granulometrias.	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Espuma	14
2.2	Propriedades Físico-Químicas da Clara do Ovo	14
2.3	Formação da Espuma	15
2.4	Estabilidade da Espuma	16
2.5	Influência de Outros Ingredientes	17
2.6	Suspiros e Merengues	17
2.6.1	Métodos de preparo de suspiros	18
2.7	Propriedades Físicas da Sacarose	19
2.8	Propriedades Mecânicas de Textura	20
2.9	Atividade de Água e Isotermas de Sorção	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Material	23
3.2	Métodos	23
3.2.1	Distribuição granulométrica por peneiramento	23
3.2.2	Caracterização da clara de ovos	25
3.2.3	Preparo do suspiro e rendimento	25
3.2.4	Composição físico-química dos suspiros	26
3.2.5	Determinação das propriedades mecânicas	26
3.2.6	Determinação da atividade de água, de umidade e isotermas de sorção ..	27
3.2.7	Determinação instrumental da cor	28
3.2.8	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	28
3.3	Tratamento Estatístico	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	Distribuição Granulométrica por Peneiramento	30
4.2	Microscopia Eletrônica Varredura de sacarose	32
4.3	Caracterização da Clara de Ovos	33
4.4	Preparo do Suspiro e Rendimento	33
4.5	Composição Físico-Química do Suspiro	36

4.6	Determinação Instrumental de Cor.....	37
4.7	Determinação das Propriedades Mecânicas	38
4.7.1	Determinação da força máxima de compressão do merengue.....	38
4.7.2	Determinação da força máxima de compressão do suspiro	42
4.8	Determinação da atividade de água, alteração da umidade e isothermas de sorção	45
4.8.1	Atividade de água	45
4.8.2	Alterações da umidade	46
4.8.3	Isothermas de sorção	48
4.9	Microscopia Eletrônica de Varredura de suspiro comercial.....	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

Os suspiros são compostos de claras de ovos e sacarose, que batidos resultam em uma espuma que após assada torna-se sólida. As proteínas das claras de ovos responsáveis pela formação da espuma atuam na interface ar-água agindo como surfactantes. Após a desnaturação parcial, durante a incorporação de ar, por meio de batimento, formam uma membrana semi-rígida que envolve as bolha de ar e estabiliza a espuma. A sacarose desempenha um papel importante para a estabilidade da espuma, pois aumenta a viscosidade da fase aquosa, além de atuar nas propriedades interfaciais das proteínas.

A sacarose cristalina é hidrofílica e higroscópica, ou seja, pode absorver umidade da atmosfera que pode influenciar na qualidade dos suspiros durante o armazenamento, levando em consideração que esta higroscopia pode aumentar a umidade do produto e conseqüentemente provocar alterações indesejadas na textura. A preferência e aceitação de um produto pelos consumidores está diretamente ligada à textura, sendo estas alterações normalmente relacionadas à rejeição.

A higroscopicidade de pós cristalinos é menor quando comparados a pós amorfos. Tradicionalmente os suspiros são fabricados com sacarose comercial refinado ou de confeitiro, ambos passam por processos de moagem que podem alterar a estrutura física resultando ao longo do armazenamento em alterações associadas ao aumento de umidade.

O objetivo deste trabalho foi analisar as propriedades físico-químicas e mecânicas de suspiros fabricados pelos métodos suíço e francês com sacarose de granulometrias diferentes, bem como o comportamento no armazenamento em diferentes umidades relativas do ar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESPUMA

Nicorescua et al. (2011) e Raikos, Campbell, e Euston (2007) definem espuma como um sistema de duas fases dispersas, uma fase descontínua gasosa, em forma de bolhas, e uma fase contínua líquida ou sólida. Os autores ainda ressaltam que na indústria alimentícia as proteínas são os principais compostos responsáveis pela formação de espuma, principalmente quando a fase gasosa é dispersa por meio do batimento. Frequentemente as proteínas, como as das claras de ovos, são utilizadas em alimentos aerados para melhorar as características desejáveis e aplicações em alimentos bastante populares, como merengue e mousses.

2.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA CLARA DO OVO

A clara é composta principalmente por água (87 à 89 %) e pelo albúmen, conjunto de proteínas cuja composição é influenciada pela galinha poedeira, estresse e idade da ave. A proporção de proteínas que compõe o albúmen pode variar entre 9,7 e 10,6 %, sendo que esta variação é principalmente devida à idade da ave. O conteúdo lipídico é de 0,03% e entre 0,4 a 0,9 % de carboidratos livres (não associados com proteínas). O conteúdo de cinzas está entre 0,5 e 0,6 %, sendo que os minerais predominantes são potássio e sódio (DAMODARAN, PARKIN e FENNMA, 2010)

O sistema proteico albúmen é constituído de fibras de ovomucina e de uma solução aquosa que contém várias proteínas globulares (DAMODARAN, PARKIN e FENNMA, 2010). A clara do ovo também é composta por pequenas proporções de glicoproteínas, glicose livre (fonte de energia para o embrião) e sais minerais, sendo que as proteínas presentes constituem cerca de 90% da matéria seca. As principais proteínas da clara do ovo são: ovalbumina, conalbumina, ovomucóide, ovomucina e lisozima.

As claras de ovos possuem funcionalidades variadas no mundo da culinária e gastronomia, portanto são bastante valorizadas. Uma de suas características mais

importantes é a formação de espumas volumosas e estáveis. Um dos produtos formados a partir das claras de ovos é o merengue. (FOEGEDING, LUCK e DAVIS, 2006). De acordo com Licciardello et al. (2012) as características de microestrutura do merengue que dependem da composição e equilíbrio entre ingredientes.

2.3 FORMAÇÃO DA ESPUMA

Foegeding, Luck e Davis (2006) descrevem que estudar os mecanismos físicos e químicos responsáveis pela formação da espuma de sistemas alimentícios é de interesse por duas razões: 1) permite ao fabricante produzir produtos de alta qualidade de forma consistente; 2) possibilita a flexibilidade para escolha de ingredientes, como por exemplo, substituição de uma proteína por outra. O fenômeno de formação da espuma acontece quando as claras dos ovos são batidas e o ar é incorporado na forma de bolhas, isto em virtude da capacidade que a clara do ovo tem de aprisionar o ar, devido ao albúmen (HANNEMAN, 2005).

Durante a formação da espuma (batedura), a ovoalbumina desnatura e coagula parcialmente na interface ar-água, agindo como surfactante, ou seja, diminui a tensão interfacial e permite a formação das bolhas (NICORESCUA et al., 2011; DAVIS e FOEGEDING, 2007; FOEGEDING, LUCK e DAVIS, 2006). Isto ocorre, pois o caráter hidrofóbico da fase gasosa é compatível com as regiões hidrofóbicas das proteínas, que com o desenrolamento e desnaturação parcial das proteínas, grupos polares são expostos em relação à água (polar) e os grupos apolares ao ar (apolar) (NICORESCUA et al., 2011).

Uma membrana proteica semi-rígida envolve a bolha de ar, sendo esta propriedade a principal característica responsável pela capacidade de estabilidade da espuma das claras de ovos. (CROGUENNECA et al., 2007; DAVIS e FOEGEDING, 2007; HANNEMAN, 2005). Com isso, as espumas se tornam mais resistentes, pois estão gaseificadas e com a proteína parcialmente desnaturada (HANNEMAN, 2005).

A ovoalbumina contribui significativamente para a funcionalidade da clara de ovo, pois com o aquecimento, durante a pasteurização da clara ou durante o método suíço de fabricação de suspiros, suas moléculas desnaturam e se agregam em fios finos (agregados lineares) ou partículas mais densas (agregados aleatórios) –

dependendo das condições de tratamento (pH, força iônica, concentração da proteína (CROGUENNECA et al., 2007).

2.4 ESTABILIDADE DA ESPUMA

A microestrutura de espumas de clara de ovos é complexa e consiste da espuma formada durante a batidura, seguida da desestabilização, que após algum tempo forma um líquido drenável (LICCIARDELLO ET AL., 2012). A qualidade e uniformidade das propriedades de formação e estabilidade da espuma são importantes para indústrias de alimentos, isto justifica os inúmeros trabalhos voltados para investigação de tais propriedades (CROGUENNECA et al., 2007).

Assim, espumas provenientes de proteínas são caracterizadas por dois fatores: a capacidade de formar espuma e a estabilidade da espuma, características relacionadas com as propriedades químicas das proteínas e com a adição de outros ingredientes, para o merengue como: sacarose, sais e ácidos (LICCIARDELLO et al., 2012; RAIKOS, CAMPBELL e EUSTON, 2007). A capacidade de formar espuma é relacionada com o volume da fase gasosa, mediante a incorporação de um gás para a solução de proteína e é determinada pela mensuração do aumento do volume da espuma (RAIKOS, CAMPBELL e EUSTON, 2007).

A estabilidade da espuma é medida, ao longo do tempo, pela taxa de diminuição do volume da espuma, devido à coalescência das bolhas, ou pela taxa de líquido drenado (NICORESCUA et al., 2011; RAIKOS, CAMPBELL e EUSTON, 2007). No entanto, uma mensuração exata destes dois parâmetros é problemática para muitas espumas, pois simultaneamente e imediatamente após a formação da espuma, ocorrem processos de desestabilização (FOEGEDING, LUCK e DAVIS, 2006). Além disso, a espuma formada para o merengue deve apresentar pouca expansão ou colapso durante a aplicação de calor, tratamento que seca a espuma e converte uma espuma líquido/gás em um sólido/gás (FOEGEDING, LUCK e DAVIS, 2006).

2.5 INFLUÊNCIA DE OUTROS INGREDIENTES

As proteínas possuem propriedades físico-químicas que determinam as características dos produtos alimentícios compostos por espumas (RAIKOS, CAMPBELL e EUSTON, 2007). Estes alimentos podem possuir uma combinação de proteínas, além de incluírem outros ingredientes, como açúcares, sais e tensoativos, sendo que estas moléculas podem influenciar na funcionalidade das proteínas da clara do ovo, como por exemplo, na estabilidade da espuma, resultando em ganho ou perda nas suas propriedades (RAIKOS, CAMPBELL e EUSTON, 2007; FOEGEDING, LUCK e DAVIS, 2006). Fatores extrínsecos também podem influenciar, tais como condições de aquecimento (temperatura/tempo), tipo de equipamento de batadura e método de produção da espuma (por exemplo, tempo de batimento) (RAIKOS, CAMPBELL e EUSTON, 2007).

Segundo Davis e Foegeding (2007) a adição de açúcares nas claras de ovos contribuem significativamente para as propriedades funcionais da espuma, melhoram a estabilidade, pois aumentam a viscosidade da solução. Croguenneca et al. (2007) afirmam que para melhorar a qualidade e regularidade das propriedades de formação de espuma pode-se desnaturar parcialmente as proteínas da clara do ovo pela aplicação de calor antes do batimento, por meio da pasteurização ou do método suíço de fabricação do suspiro, desde que as proteínas permaneçam solúveis.

Yang e Foegeding (2010) afirmaram que de forma geral a sacarose pode diminuir o *overrun* (volume de aeração ou nível de incorporação de ar) da espuma e aumentar a estabilidade. O aumento da estabilidade tem como princípio a diminuição da taxa de líquido drenado, geralmente relacionado com o aumento da viscosidade da fase contínua, provocado pela adição de sacarose. Além disso, a sacarose também pode alterar as propriedades interfaciais das proteínas.

2.6 SUSPIROS E MERENGUES

Os merengues são uma mistura de claras de ovos e sacarose, batidos até formarem uma espuma estável, que após o assamento é denominada de suspiro. Também podem conter como aditivos sais e ácidos com o objetivo de estabilizar a

espuma (SCHOONOVER, 1967; LICCIARDELLO et al., 2012), ou seja, manter o volume da espuma formada, diminuindo a coalescência das bolhas e a taxa de líquido drenado (NICORESCUA et al., 2011; RAIKOS, CAMPBELL e EUSTON, 2007).

O merengue tem como característica a fase gasosa, cerca de 80% de bolhas de ar, e o sólido com proteínas da clara do ovo e sacarose, que formam espumas volumosas e estáveis quando assadas e secas. Normalmente a proporção de clara de ovos e sacarose é variável, dependendo da aplicação do merengue e do gosto do consumidor (SCHOONOVER, 1967; LICCIARDELLO et al., 2012).

Os merengues podem ser aplicados em vários produtos, como coberturas de bolos, podem ser formados e assados, porém cada aplicação irá depender das proporções das claras de ovos e sacarose, do nível de desidratação e do tratamento térmico que ocorre durante o assamento (FOEGEDING, LUCK e DAVIS, 2006).

2.6.1 Métodos de preparo de suspiros

De acordo com a Academie D'Art Culinaire de Paris, Le Cordon Bleu, existem três principais técnicas para fabricação de merengue ou suspiro, a francesa, a italiana e a suíça (JONES E DUCHENE, 2000). A técnica francesa é a mais conhecida, e consiste na batida de 35% de claras em neve até consistência firme, com posterior adição de 65% de sacarose, metade é adicionada aos poucos e homogeneizada, após adiciona-se o restante.

O merengue italiano tem como formulação, 54 % de sacarose, 33% de claras e 13% de água (JONES E DUCHENE, 2000). Para a sua elaboração, inicialmente é homogeneizado a sacarose e a água sob aquecimento até formação de uma calda (115°C), popularmente conhecida como ponto de bala, após resfriamento desta calda, as claras são batidas em neve até ficarem com consistência firme, a calda é adicionada lentamente com constante homogeneização (JONES E DUCHENE, 2000). Este merengue é conhecido como *nougat*, contém maior proporção de sacarose em relação às claras e pode ser aplicado em uma infinidade de doces e até acrescentado de ingredientes, como nozes (FOEGEDING, LUCK e DAVIS, 2006).

Ainda segundo a Le Cordon Bleu, na elaboração de merengue pelo método suíço, com formulação de 68% de sacarose e 32% de claras, os ingredientes são homogeneizados e batidos até consistência firme em banho-maria (JONES E

DUCHENE, 2000). Os merengues e suspiros são produtos de composição simples, e portanto são sistemas modelos que possibilitam o estudo do comportamento de espumas de claras de ovos, que são bases para produtos mais complexos de confeitaria (LICCIARDELLO et al., 2012).

2.7 PROPRIEDADES FÍSICAS DA SACAROSE

O principal ingrediente de suspiros é a sacarose, comercialmente conhecida como açúcar. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define açúcar como a “sacarose obtida a partir do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharium officinarum* L.) ou de beterraba (*Beta alba* L.)”, podendo ter diversas granulometrias e formas de apresentação (BRASIL, 2005). De acordo com a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 1978), o açúcar refinado é “a sacarose obtida de açúcar de cana purificado por processo tecnológico adequado”. A ANVISA também define açúcar para confeitaria como aquele que pode ser adicionado de outros ingredientes, como por exemplo amido, desde que não descaracterizem o produto (BRASIL, 2005).

A sacarose é um açúcar não redutor, hidrofílica e solúvel (Figura 1), com isso, é capaz de formar soluções concentradas e com alta osmolalidade (BeMiller e Huber, 2010). Apresenta higroscopia, ou seja, capacidade de absorver umidade atmosférica. (RIBEIRO e SERAVALLI, (2007).

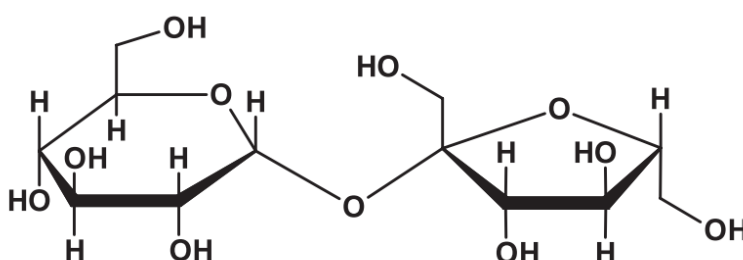


Figura 1 - Estrutura química da sacarose.
Fonte: Martins, Lopes e Andrade (2013).

De acordo com Jayasundera (2009) pós cristalinos, em comparação com outras formas, são menos higroscópicos e, por conseguinte, mais estáveis à degradações

físicas e químicas. Açúcares cristalinos podem conter uma porção amorfa, devido a operações para redução de tamanho de cristais e moagem.

A sacarose refinado, de acordo com a resolução CNNPA nº 12, de 1978 pode ser classificado em açúcar refinado amorfo e açúcar refinado granulado (ANVISA, 1978). Segundo Cruz e Sarti (2011), ambos os tipos de açúcar refinado são obtidos a partir do processamento do açúcar cristal, que é dissolvido e passa por cristalização controlada. O que diferencia um tipo de açúcar refinado do outro é o grau de pureza, açúcar refinado amorfo deve ter no mínimo 98,5% de pureza, enquanto que o refinado granulado deve ter 99,8% de pureza, além de apresentar cristais de sacarose bem definidos e granulometria homogênea (ANVISA, 1978; MACHADO, 2012).

2.8 PROPRIEDADES MECÂNICAS DE TEXTURA

Szczesniak (2002) define textura como “a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e de superfície de alimentos detectados através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestesia”. As propriedades de textura, tais como firmeza, crocância, ou maciez, estão entre os fatores mais importantes utilizados na avaliação da qualidade dos alimentos (IWATANIA, et al. 2011).

A textura é um importante atributo que influencia nos hábitos alimentares, pois nossas mandíbulas e dentes têm determinada força e é por isto que não mastigamos, por exemplo, ossos com nossos dentes. Ou seja, alimentos difíceis de serem manipulados na cavidade bucal, estão excluídos de nossas dietas. Portanto, conclui-se que a textura influencia diretamente na preferência dos consumidores, e cabe aos fabricantes buscarem formas de tornarem seus produtos com alta aceitação de textura e sabor. É notado inclusive, que os consumidores associam a textura com sinais de deterioração ou degradação, mostrando que os consumidores são conscientes da textura dos alimentos que consomem, e que em determinados alimentos a textura é tão importante quanto o sabor (SZCZESNIAK, 1969).

2.9 ATIVIDADE DE ÁGUA E ISOTERMAS DE SORÇÃO

A água está associada a um papel decisivo na manutenção dos materiais biológicos, tanto no estado bruto (matéria prima) quanto no estado processado. A atividade de água de um produto é igual à fugacidade relativa do vapor de água em equilíbrio com o produto, sendo que a fugacidade relativa, pode ser substituída pela umidade relativa do vapor de água na maioria dos casos práticos (BLAHOVEC, 2004). A atividade de água (a_w) de alimentos, para prolongar o prazo de validade, não deve exceder 0,6, logo, é de fundamental importância elucidar as características de sorção de produtos secos ou semi-secos (a_w 0 a 0,6) (MRADRA et al. 2012).

Denomina-se isoterma de sorção, a relação entre o teor de umidade do produto e a pressão de vapor relativa (ou seja, a umidade de equilíbrio com o produto), em uma mesma temperatura. É importante conhecer dados de adsorção frente aos aspectos relacionados à tecnologia de alimentos como predição microbiológica, enzimática e estabilidade química, seleção de materiais para embalagem, concepção de processos de secagem e concentração e escolha das condições adequadas de armazenamento. As isotermas de sorção neste caso podem ser utilizadas para determinar o prazo de validade dos produtos embalados que são higroscópicos (MRADA et al., 2012).

Mrada et al., (2012) descreveram que a estrutura e composição do produto alimentício desempenha uma função básica na forma de isotermas de sorção, tal qual a determinação experimental é necessária para simular sistemas complexos, como os alimentos. Outros fatores, como a temperatura, influenciam estes sistemas, pois afetam a mobilidade das moléculas de água e corresponde a um equilíbrio dinâmico.

As isotermas de sorção experimentais são normalmente resultantes de experimentos de longa duração, até que se alcance o equilíbrio entre o produto analisado e o vapor d'água em condições específicas. Estes experimentos são difíceis e demorados, além disso, pode-se obter resultados inexatos devidos a dois fatores: 1) não atingir o estado real de equilíbrio; 2) alteração nas propriedades dos produtos durante o experimento (BLAHOVEC, 2004).

Isotermas de sorção são obtidas a partir de materiais secos que ganham umidade, em dessecadores pelo uso de suspensões saturadas de sal que produzam, em ambiente fechado, determinadas umidades relativas do ar, em determinadas temperaturas. Assim a umidade do alimento entra em equilíbrio com a do ambiente do dessecador, até peso constante. Este método apresenta a vantagem de que as

suspensões saturadas de sal geram umidades relativas exatas e precisas em função de uma temperatura. Porém a necessidade de pesar periodicamente as amostras e tirá-las do dessecador faz com que as medições sejam de pouca precisão (SCHMIDT e LEE, 2012).

Recentemente foi desenvolvido um instrumento de sorção de vapor de água automatizado, o Aquasorb, que baseia-se no método do isoterma do ponto de orvalho dinâmico. Neste método, a umidade relativa da corrente de gás em contato com o alimento é mensurada por meio de um sensor de ponto de orvalho de espelho arrefecido, enquanto que as alterações no peso da amostra são acompanhadas gravimetricamente utilizando um equilíbrio de força magnética. A adsorção ou dessorção são realizadas quando o ar da câmara tem a umidade aumentada ou reduzida (SCHMIDT e LEE, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

Foram estudados as matérias-primas para elaboração de merengues e suspiros, clara de ovos cruas e sacaroses de diferentes granulometria, conhecidas comercialmente como sacarose de confeitiro, refinado e cristal.

O objeto de estudo este trabalho foram merengues e suspiros elaborados em dias diferentes, a partir de sacarose com diferentes granulometrias. Foram utilizados os métodos francês e suíço para elaboração dos merengues e suspiros.

Também foi estudado um suspiro comercial, elaborado pelo método suíço, nas mesmas condições e local dos suspiros elaborados para este trabalho.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Distribuição granulométrica por peneiramento

A determinação da distribuição de tamanho de partículas, ou seja, análise granulométrica por peneiras, das sacaroses comerciais, confeitiro, refinada e cristal, foi de acordo com a metodologia descrita por Nývlt, Hostomský e Giulietti (2001), que se baseia no peneiramento do sólido e determinação dos tamanhos médios em porcentagem retidos em cada malha. Utilizou o equipamento de agitação de peneiras Bertel Indústria Metalúrgica (Figura 2). Os dados são apresentados em mesh e em termos de diâmetro de partículas, milímetros, de acordo com a porcentagem retida nos crivos.



Figura 2 - Agitador de peneiras Bertel Indústria Metalúrgica.

Foram selecionadas sete peneiras limpas de diferentes aberturas (Tabela 1), que foram empilhadas decrescentemente e alocadas no equipamento. O tempo de peneiramento para todas as amostras foi de 10 minutos com intensidade de vibração 6. Ao final do peneiramento as massas de sacarose retidas em cada peneira foram pesadas para o cálculo da porcentagem retida.

Tabela 1 - Abertura das peneiras selecionadas.

Mesh	Abertura (mm)
20	0,84
24	0,71
35	0,42
48	0,3
60	0,25
100	0,149
170	0,088

3.2.2 Caracterização da clara de ovos

Para caracterizar a clara de ovos crua, foi determinado o pH utilizando um pHmetro (Digimed DM22) de acordo com a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Além disso, foi determinado o conteúdo de umidade e de proteínas (método de micro-Kjeldahl) de acordo o método descrito pela AOAC (1995). Todas as análises foram realizadas em triplicata de duas repetições.

3.2.3 Preparo do suspiro e rendimento

Os suspiros preparados com diferentes granulometrias de sacarose segundo o método suíço, em que 68% sacarose com 32% de clara foram aquecidos em banho-maria até atingirem a temperatura média de 40 °C, em média de 1 a 2 minutos. Após isto a massa formada foi transferida para uma batedeira planetária doméstica Arno e batida por 5 minutos, em velocidade máxima, utilizando batedor leve. A massa foi alocada em sacos de confeitaria e pingada em formato de suspiro sobre papel manteiga. Os suspiros produzidos pelo método francês foram obtidos por meio do batimento de 35% de claras em ponto de neve em batedeira doméstica Arno, durante 5 minutos, seguida da adição de 65% de sacarose aos poucos durante mais 5 minutos e pingados com os mesmos procedimentos do método suíço. A Tabela 2 descreve as formulações dos suspiros preparados, incluindo a formulação do suspiro comercial analisado.

Tabela 2 - Formulações dos suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço e do suspiro comercial.

Suspiro	Clara de ovos (%)	Sacarose (%)	Xarope de Sacarose (62,5%) (%)	Cloreto de Sódio (%)	Essência Artificial de Limão (%)
Método Francês	65	35	-	-	-
Método Suíço	68	32	-	-	-
Comercial (Suíço)	70	28,2	1,6	0,1	0,1

O assamento dos suspiros foi realizado em uma confeitaria industrial, à 130°C durante 20 minutos em forno giratório com circulação de ar (Matador Rototérmico, Werner & Pfleiderer do Brasil (Fornos) Ltda.). Após o assamento os suspiros foram transferidos para outro forno (Maq-Forno, tipo PC6), onde ocorreu a secagem, a uma

temperatura 70 °C. Depois, o forno foi desligado e os suspiros permanecem dentro por pelo menos 6 horas, para um resfriamento lento.

O rendimento dos suspiros foi determinado, as bandejas com os suspiros cru foram pesadas, e após o assamento foram pesadas novamente, para calcular a porcentagem de rendimento ou quanto de umidade o produto perdeu durante o assamento.

3.2.4 Composição físico-química dos suspiros

A umidade foi determinada em triplicata de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1995). Os cadinhos foram tarados à 105°C durante 3 horas. Os suspiros foram moídos e em triplicata submetidos à secagem em estufa (Deleo) com circulação de ar à 105°C por 5 horas. As proteínas também foram determinadas em triplicata de acordo com a AOAC (1995) por meio do método de micro-Kjeldahl. Os carboidratos foram calculados por diferença.

3.2.5 Determinação das propriedades mecânicas

A determinação da força máxima de compressão do merengue (espuma com sacarose) e do suspiro, obtidos pelos métodos francês e suíço, foi realizada de acordo com LICCIARDELLO et al. (2012) utilizando um texturômetro (TA.XT2i – Texture Analyser) (Figura 3). As curvas de compressão foram obtidas com uma célula de carga (ou força de contato) de 0,50N, com velocidade de compressão de 10mm/min, distância de compressão de 10mm (correspondente a aproximadamente 50% de compressão) e sensor cilíndrico de alumínio de 25mm para a espuma e 35mm para o suspiro. Foram realizadas 12 repetições de cada amostra de suspiro e foram observadas as propriedades mecânicas das espumas e dos suspiros de acordo com os comportamentos das curvas.



Figura 3 - Texturômetro (TA.XT2i – Texture Analyser).

A consistência da espuma foi medida em vários tempos, logo após o batimento (T_i), após uma (T_1), duas (T_2) e três horas (T_3) do batimento, a fim de estudar a desestabilização da estrutura formada durante o batimento. As espumas foram acondicionadas em recipientes plásticos de 50 mL, com altura de 4 cm e diâmetro de 5 cm, em quintuplicata de duas repetições.

3.2.6 Determinação da atividade de água, de umidade e isothermas de sorção

Foi determinada a atividade de água das sacaroses por meio do equipamento Aqualab 4TEV em triplicata. Para determinar as mudanças no conteúdo de umidade dos suspiros, inicialmente foi determinado o conteúdo de umidade inicial de cada analito de acordo com a AOAC (1995). Cerca de 6 a 7 gramas de analito, suspiros íntegros, foram acondicionados em dessecadores de vidro contendo soluções salinas saturadas, em triplicata de duas repetições. As soluções KI e NaCl foram preparadas de acordo com Greenspan (1977), produzindo umidades relativas do ar de 68 e 75%, respectivamente. As alterações de peso das amostras durante o tempo de análise (48 horas) foram convertidas em conteúdo de umidade com base no valor da umidade média inicial de cada amostra de suspiro.

As isotermas de ponto de orvalho dinâmico foram determinadas Aquasorb (Panalytical, X'Pert PRO MPD), para as amostras de sacaroses e suspiros moídos (500 a 700mg em cadinhos de aço inoxidável), para que fosse possível a comparação da atividade de água da sacarose e dos suspiros. Foram utilizadas atividades de água entre 0,10 e 0,95 com uma taxa de fluxo de 300mL/min à 25°C. A alteração de massa em cada umidade relativa foi convertida para o conteúdo de umidade, utilizando o valor inicial ou final de umidade média.

3.2.7 Determinação instrumental da cor

A cor do suspiros moídos foi medida por meio de colorímetro digital CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc; Japão). O equipamento foi calibrado com iluminação D65 e com os parâmetros: Y: 93,80; x: 0,3160; y: 0,3232. As medidas foram tomadas pelos parâmetros L*, a* e b* (Figura 4). O parâmetro L* varia de 0 (preto) a 100 (branco), o parâmetro a* varia de positivo (vermelho) a negativo (verde) e o parâmetro b* também varia de positivo (amarelo) a negativo (azul) (VARELA et. al 2005). As medidas foram tomadas em triplicata.

3.2.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foi realizada microscopia eletrônica de varredura das sacaroses com diferentes granulometrias de sacarose e do suspiro comercial armazenado durante 7 dias em umidade relativa do ar de 75% e 0%. O suspiro foi fraturado após o uso de nitrogênio líquido, sendo que para a análise selecionou-se uma parte representante do interior do suspiro e outra da superfície. As amostras foram secas em equipamento de ponto crítico (CPD 0.30, Baltec – Balzers, Alemanha), montadas sobre stubs e fitas de carbono dupla face e recobertos com uma camada de ouro, com aproximadamente 20nm de espessura, no Sputter Coater Bal-Tec (CSD 050, Alemanha). O microscópio FEI, Quanta 200, Hillsboro, Estados Unidos, com voltagem de aceleração de 30 Kv para detecção da imagem.

Por meio do *software Digital Micrograp*, foi realizada a contagem manual e dimensionamento das bolhas visualizadas nas imagens geradas pela MEV (DIGITALMICROGRAPH SCRIPTING, 2016).

3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) ou fatorial de variância (Fatorial ANOVA) e teste de Tukey por meio do *software Statistica* versão 10 (STATSOFT, INC. (2011).

Na análise fatorial de variância (fatorial ANOVA) foram analisados os efeitos nos suspiros das três granulometrias diferentes de sacarose (confeiteiro, refinado e cristal), dos dois métodos de preparo (suíço e francês), umidade relativa do ar de armazenagem (68 e 75%) e dias de armazenamento (2, 5 e 7 dias) em relação à força máxima de compressão, variável dependente. As comparações foram feitas considerando cada fator isoladamente e a interação entre eles.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

A análise de granuometria das sacaroses comerciais: açúcar de confeito, refinado e cristal, mostra que há uma variação entre um tipo e outro na distribuição do tamanho dos cristais (Figura 4). A sacarose de confeito possui 65,20 % de cristais de tamanho entre 100 e 60 mesh (0,149 e 0,25 mm), a sacarose refinado 26,94 % de cristais de tamanho entre 24 e 20 mesh (0,71 e 0,84 mm) e 58,64 % dos cristais predominam no tamanho entre 24 e 20 mesh (0,71 e 0,84 mm) para a sacarose cristal.

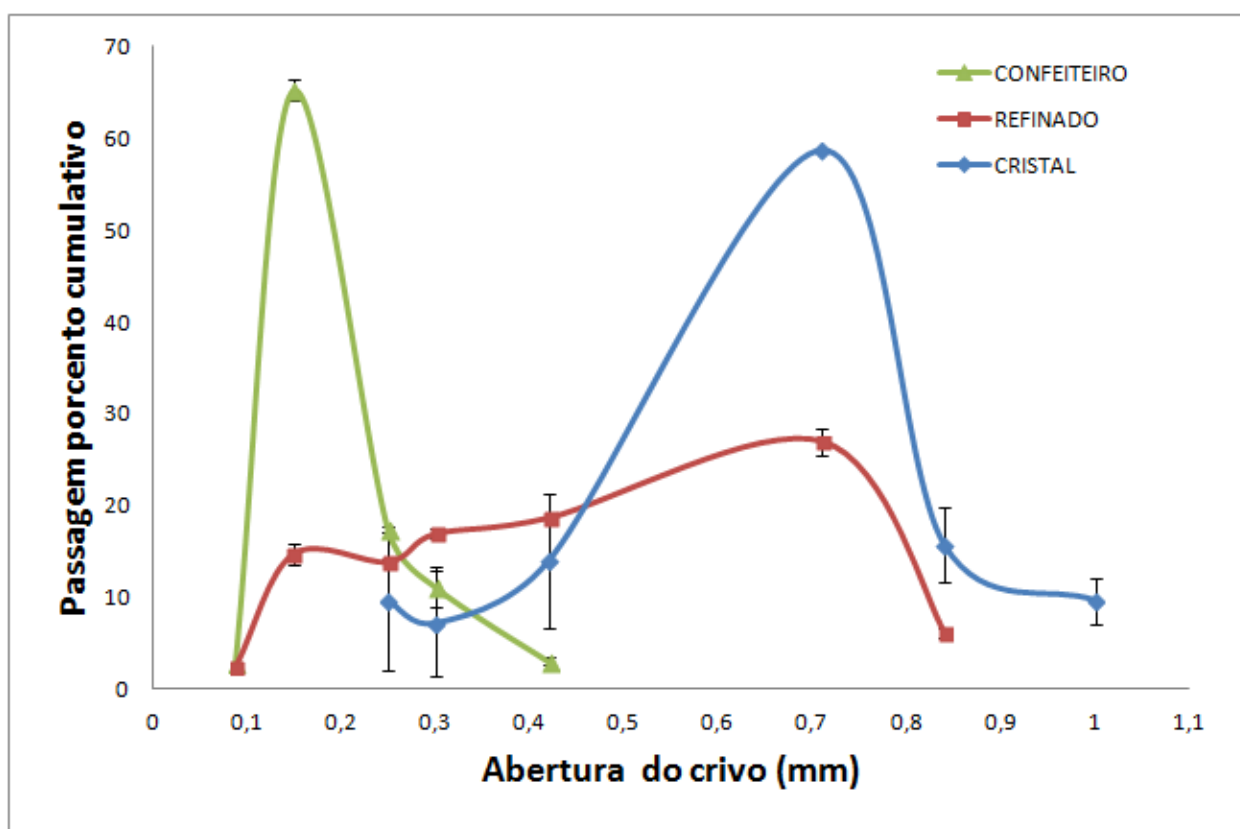


Figura 4 - Distribuição por tamanho de cristais de sacaroses comerciais utilizadas para elaboração de suspiros

A sacarose refinado teve a distribuição menos uniforme, quando comparado aos outros, e a sacarose de confeito a distribuição mais homogeneia (Figura 4). Isto pode ser explicado pelo processo de fabricação de ambos os açúcares, pois a sacarose

refinado é obtido pela dissolução da sacarose cristal e ressolidificação que não forma cristais uniformes (Figura 5 b), e a sacarose de confeito é obtido pelo peneiramento da sacarose refinada, portanto tem granulometria mais uniforme.

A Figura 5 confirma as características descritas por fabricantes de sacarose. O açúcar refinado amorfo possui granulometria fina e irregular, é higroscópico e de rápida dissolução. A sacarose de confeito obtido junto ao refinado amorfo é caracterizado como um pó fino, branco e higroscópico. A sacarose cristal possui cristais bem definidos, regulares, alto brilho e coloração clara.

A marca Alto Alegre disponibiliza online as especificações técnicas de seus açúcares. A granulometria do sacarose cristal tipo 1 e 2 está entre 0 a 60% retidos em malha de 30 mesh e 40 a 100% retido em malha de 60 mesh (ALTO ALEGRE, 2016). Considerando a percentagem cumulativa, a sacarose comercial do tipo cristal (Tabela 3) selecionada para este estudo segue as mesmas especificações mantidas pela marca Alto Alegre.

Tabela 3 - Distribuição por tamanho de cristais de sacarose em Percentagem retida no crivo.

Mesh	Abertura (mm)	Percentagem Retida no Crivo		
		Confeito (%)	Refinado (%)	Cristal (%)
170	0,088	2,8±0,1	2,5±0,0	-
100	0,149	65,2±1,2	14,7±1,2	-
60	0,25	17,4±0,4	13,9±0,2	9,6±7,6
48	0,3	11,2±2,2	16,9±0,5	7,2±5,8
35	0,42	3,1±0,4	18,7±0,2	14,0±7,2
24	0,71	-	26,9±1,5	58,6±0,3
20	0,84	-	6,1±0,6	15,7±4,1
16	1	-	-	9,6±2,6

±: desvio padrão;

Mantilha (2013) em estudo sobre a cristalização da sacarose encontrou em média uma distribuição entre abertura de 0,09mm (29,95 %) e 0,212mm (21,48 %), resultado mais próximo à sacarose do tipo confeito que apresentou distribuição de tamanho predominante em abertura de 0,149mm (65,20 %).

4.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA VARREDURA DE SACAROSE

A sacarose comercial do tipo cristal pode ser classificada de acordo com Mathlouthi e Reiser (1995) como cristais únicos (Figura 5 c), nota-se que o cristal localizado ao centro da imagem possui faces semelhantes às descritas pelos autores (Figura 6).

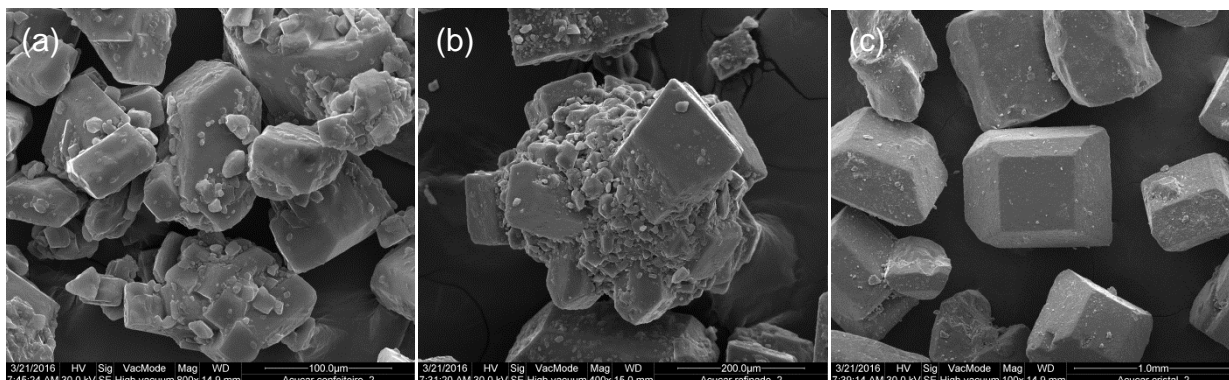


Figura 5 - MEV de sacarose com diferentes granulometrias denominadas comercialmente como: (a); sacarose de confeitiro; (b) sacarose refinada; (c) sacarose cristal.

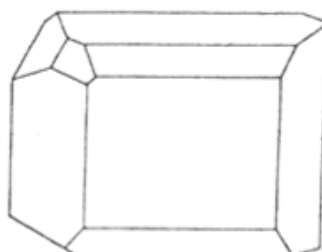


Figura 6 - Cristal único de sacarose.

Fonte: Mathlouthi e Reiser (1995).

As sacaroses do tipo confeitiro e refinada podem ser classificadas como aglomerados de cristais (Figura 5 (a) e (b)). É possível observar a presença de fragmentos de cristais aglomerados, isto devido ao processo de fabricação de ambas as sacaroses, que são provenientes da sacarose comercial cristal diluída e recristalizada sem controle dos tamanhos dos cristais.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA CLARA DE OVOS

A clara de ovo crua era composta de 89,31% de água e 9,06% de proteínas. Valores que concordam com os encontrados por Torres et. al (2000), 87,09% de umidade e 10,44% de proteínas. O valor de pH da clara de ovo crua foi de 8,96 e Alleoni e Antunes (2005) encontraram pH de 7,93 para albúmen de ovos frescos. Pascoal et al. (2008) encontrou valores de pH entre 9,24 e 9,57, para ovos de granja, supermercado e feira-livre, acima dos mostrados neste estudo. Estas variações podem estar relacionadas com a espécie, alimentação e idade das galinhas poedeiras e o tempo de armazenamento dos ovos, que se torna mais básico, independentemente da temperatura e uso de embalagens durante a estocagem (Xavier, et al. 2008).

4.4 PREPARO DO SUSPIRO E RENDIMENTO

O rendimento dos suspiros elaborados com sacarose de diferentes granulometrias e pelos métodos francês e suíço variou entre 60,52 e 71,79 % (Tabela 4). Esta diferença pode estar atribuída à: perdas de merengue no batedor da batedeira ou no bico de confeiteiro no momento da pingagem, perdas por quebra durante a secagem e embalagem e ainda grau de secagem diferente entre uma formulação e outra no forno. Estes fatores podem ocorrer isoladamente ou em conjunto afetando o rendimento de produtos de confeitaria, como o suspiro.

Tabela 4 - Rendimento de suspiro de acordo com o método e granulometria da sacarose empregada.

Método	Tipo de sacarose	Rendimento (%)
Francês	Confeiteiro	62,56
	Refinada	62,72
	Cristal	61,64
Suíço	Confeiteiro	71,79
	Refinada	60,52
	Cristal	63,46

O suspiro elaborado pelo método francês com sacarose comercial do tipo cristal apresentou aparência distinta do restante dos suspiros (Figura 7 e 8). Esta diferença visual pode ser consequência da dissolução incompleta dos cristais de sacarose durante a elaboração da espuma, levando em consideração que os cristais da

sacarose tipo cristal são maiores quando comparados aos outros tipos de sacarose utilizadas. Também vale resaltar que no método francês, como não há emprego de calor durante a produção, a espuma é mais frágil, pois há menor desnaturação proteica e conseqüentemente, menor estabilidade da espuma, o que pode ser responsável pela aparência porosa da superfície do suspiro.

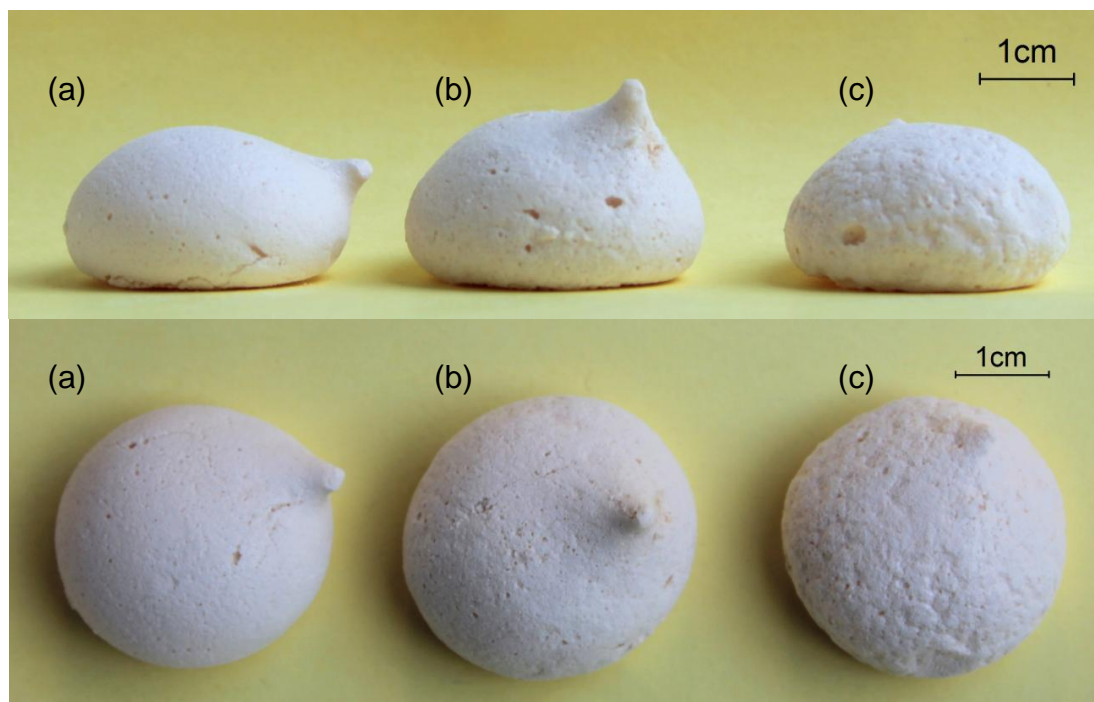


Figura 7 - Suspiros, em dois diferentes ângulos, elaborados pelo método francês com sacarose do tipo: (a) confeiteiro; (b) refinada e (c) cristal, respectivamente.

Comparando as Figuras 7 e 8, é possível observar que o suspiro elaborado pelo método suíço, possui uma sobressalência na parte inferior ocasionada pelo assamento, provavelmente explicada pela propriedade de expansão que as claras têm com o emprego de calor. Enquanto que o suspiro francês apresenta a sua parte inferior da forma como foi depositado durante a pingagem, ou seja, não houve mudança em sua estrutura durante o assamento.

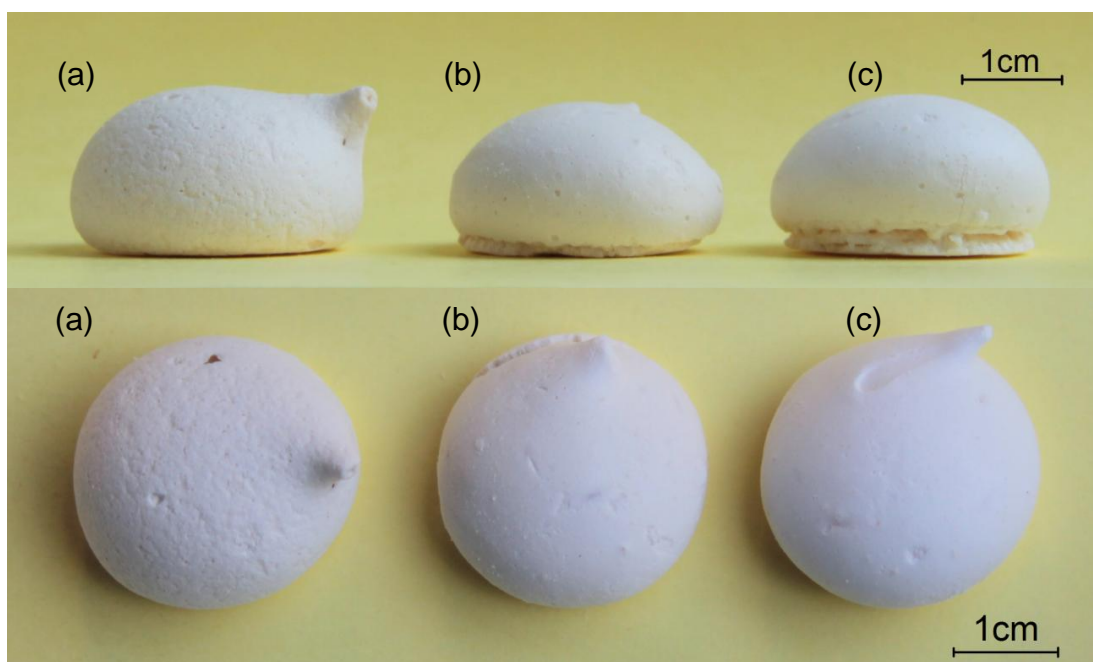


Figura 8 - Suspiros, em dois diferentes ângulos, elaborados pelo método suíço com sacarose do tipo: (a) confeiteiro; (b) refinada e (c) cristal, respectivamente.

A Figura 9 mostra o suspiro comercial, elaborado pelo método suíço com sacarose refinada. Embora o formato seja diferente dos suspiros elaborados para este trabalho, pois a deposição em formas não é manual, é possível notar a mesma saliência na parte inferior do suspiro, observada na Figura 8, indicando que houve expansão da espuma durante o assamento, e que esta saliência é uma característica de suspiros produzidos pelo método suíço. Isto provavelmente ocorre devido o calor que a forma transmite para a massa durante o assamento, solidificando a base e permitindo que a parte superior ainda expanda.

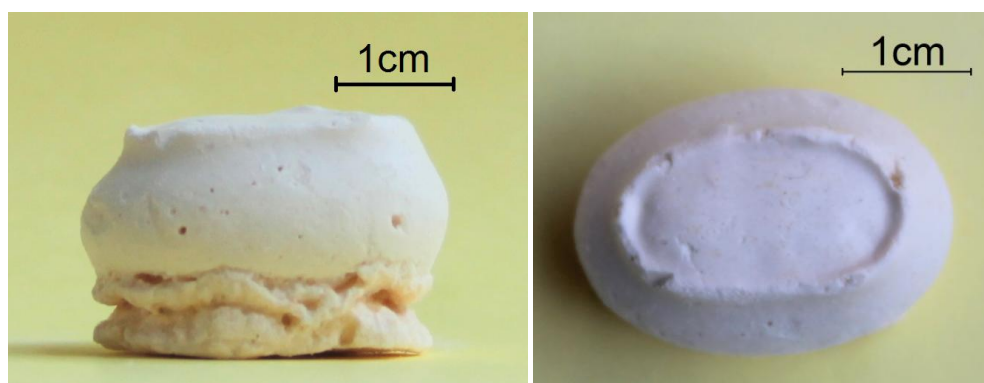


Figura 9 – Suspiro comercial, em dois diferentes ângulos, elaborado pelo método suíço com sacarose do tipo refinada.

4.5 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SUSPIRO

A umidade dos suspiros variou entre 1,03 e 3,64 g/100g (Tabela 5). Os suspiros com adição de sacarose cristal apresentaram menores umidades. O suspiro elaborado pelo método francês com sacarose refinada teve a maior umidade em comparação com todos os outros (3,64 g/100g). As diferenças de umidade entre os suspiros podem ser atribuídas à: flutuações de temperatura do forno de secagem e/ou elevada umidade relativa do ar no dia da embalagem.

Tabela 5 – Composição físico-química de suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço com diferentes granulometrias de sacarose (g/100g).

Método	Tipo de sacarose	Umidade	Proteínas	Carboidratos*
Francês	Confeiteiro	2,86±0,02 ^b	5,65±0,06 ^c	91,49
	Refinada	3,64±0,12 ^a	6,23±0,14 ^b	90,13
	Cristal	1,03±0,01 ^d	5,79±0,28 ^c	93,18
Suíço	Confeiteiro	2,72±0,05 ^b	5,49±0,06 ^c	91,79
	Refinada	2,90±0,34 ^b	5,85±0,10 ^{bc}	91,26
	Cristal	1,93±0,28 ^c	6,68±0,19 ^a	91,38

±: desvio padrão; *: calculado por diferença; médias de tratamentos seguidas por letras diferentes em uma mesma coluna diferem-se entre si ao nível de 5% de significância.

Os suspiros produzidos com sacarose cristal tiveram umidades diferentes, sendo a menor no método francês (1,03 g/100g). A maior umidade foi para o suspiro com sacarose refinada pelo método francês (3,64 g/100g).

O suspiro fabricado pelo método suíço com sacarose cristal teve maior teor proteico (6,68 g/100g) quando comparado com os outros. São iguais quanto ao teor de proteínas, os suspiros elaborados pelo método francês com sacarose de confeiteiro e cristal e os elaborados pelo método suíço com sacarose de confeiteiro e refinada. O suspiro fabricado pelo método francês com sacarose refinada (6,23 g/100g) foi diferente de todos em proteínas, porém igual ao suspiro suíço com sacarose refinada (5,85 g/100g). Esta variação pode ser devida a diferenças no conteúdo proteico das claras de ovos utilizadas para elaboração dos suspiros, isto recorrente à espécie, idade e alimentação da galinha poedeira.

4.6 DETERMINAÇÃO INSTRUMENTAL DE COR

Quanto à luminosidade, o suspiro elaborado pelo método suíço com sacarose tipo cristal apresentou o maior valor (92,95), sendo o mais claro, e o suspiro francês elaborado com sacarose tipo confeito apresentou o menor valor (84,25), sendo o mais escuro (Tabela 6). Os outros suspiros apresentaram semelhança entre si quanto à luminosidade.

Tabela 6 - Determinação instrumental de cor em suspiros fabricados pelos métodos francês e suíço com diferentes granulometrias de sacarose.

Método	Sacarose	L*	a*	b*
Francês	Confeito	84,3±1,1 ^d	3,3±0,1 ^a	24,3±0,3 ^a
	Refinado	90,8±0,3 ^b	1,2±0,1 ^e	17,6±0,1 ^c
	Cristal	90,4±0,6 ^{bc}	1,3±0,0 ^{de}	16,8±0,2 ^d
Suíço	Confeito	89,2±0,2 ^c	2,1±0,1 ^b	19,3±0,2 ^b
	Refinado	90,7±0,3	1,4±0,1 ^d	16,4±0,2 ^d
	Cristal	93,0±0,6 ^a	0,8±0,1 ^f	12,5±0,2 ^f
	Comercial	90,2±0,2 ^{bc}	1,8±0,1 ^c	17,7±0,6 ^c

±: desvio padrão; médias de tratamentos seguidas por letras diferentes em uma mesma coluna diferem-se entre si ao nível de 5% de significância. L*: luminosidade; a*: amarelo; b*: vermelho.

O parâmetro a* apresentou valores baixos (0,81 a 3,3), isto devido ao fato das amostras não tenderem a cor vermelha. O suspiro elaborado pelo método francês com sacarose tipo confeito apresentou o maior valor de intensidade amarela (24,30), o baixo valor de L* discutido anteriormente teve uma correlação.

Logo, o suspiro com maior valor de L*, apresentou o menor valor de b* (12,49). Os suspiros elaborados com sacarose tipo refinada, pelo método francês (17,62) e o comercial (17,70), não apresentaram diferença estatística quanto aos valores de b*. Os suspiros elaborados pelo método francês com sacarose tipo cristal e pelo método suíço com sacarose refinada também apresentaram valores de b* próximos, 16,75 e 16,40, respectivamente. As cores tem uma relação com o assamento dos suspiros (reação de Maillard), pois foram fabricados em dias diferentes, a variação pode ser menor devido aos tipos de granulometria das sacaroses e método de preparo.

4.7 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

4.7.1 Determinação da força máxima de compressão do merengue

O comportamento mecânico das espumas cruas de suspiros preparadas pelo método francês com as três granulometrias de sacarose comercial (Tabela 7), mostra que os valores de força máxima de compressão variaram entre 0,81 e 1,33 N. Houve diferença significativa entre alguns analitos, no entanto, apenas a medida do tempo inicial da espuma elaborada pelo método francês com sacarose do tipo confeitoiro se diferenciou de todos os outros tratamentos, sendo a estrutura mais frágil ou com menor força de compressão.

Tabela 7 – Força de compressão dos merengues (método francês) com sacarose de diferentes granulometrias.

Tipo de Sacarose	Tempo de medida	Força de compressão (N)
Confeitoiro	T _i	0,81±0,09 ^f
	T ₁	1,10±0,17 ^{cde}
	T ₂	1,05±0,14 ^{de}
	T ₃	0,99±0,08 ^e
Refinada	T _i	1,06±0,16 ^{de}
	T ₁	1,28±0,11 ^{ab}
	T ₂	1,15±0,09 ^{bcde}
	T ₃	1,06±0,14 ^{de}
Cristal	T _i	1,14±0,12 ^{bcde}
	T ₁	1,33±0,06 ^a
	T ₂	1,25±0,05 ^{abc}
	T ₃	1,16±0,07 ^{abcd}

T_i: tempo inicial; T₁: após 1h; T₂: após 2h; T₃: após 3h; ±: desvio padrão; médias de tratamentos seguidas por letras diferentes em uma mesma coluna diferem-se entre si ao nível de 5% de significância.

Independentemente do tipo de sacarose utilizada na elaboração das espumas pelo método francês, há um aumento na força máxima após 1 hora da produção da espuma, seguida de uma queda após duas e três horas (Figura 10). Isto provavelmente se deve ao aumento de sólúveis na espuma, aumentando a viscosidade, sendo que após 1 hora inicia-se o processo de drenagem, desestabilizando a espuma e diminuindo a viscosidade.

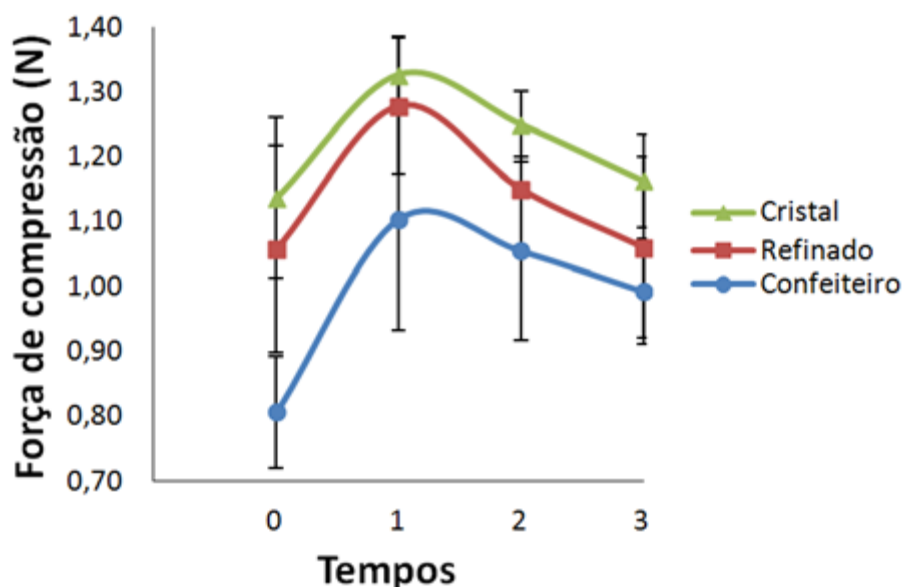


Figura 10 – Força máxima de compressão dos merengues (método francês), com sacarose de diferentes granulometrias, frente uma força de compressão em diferentes tempos. 0: tempo inicial e após 1, 2, e 3 horas.

As curvas de compressão típicas de espumas de suspiros cruas elaboradas pela técnica francesa (Figura 11), apresentam dois comportamentos típicos de produtos semi-sólidos, o primeiro se caracteriza pela resistência da amostra a compressão do sensor e o segundo pela adesividade da amostra durante o retorno do probe a posição inicial. Todas as curvas apresentaram comportamentos semelhantes.

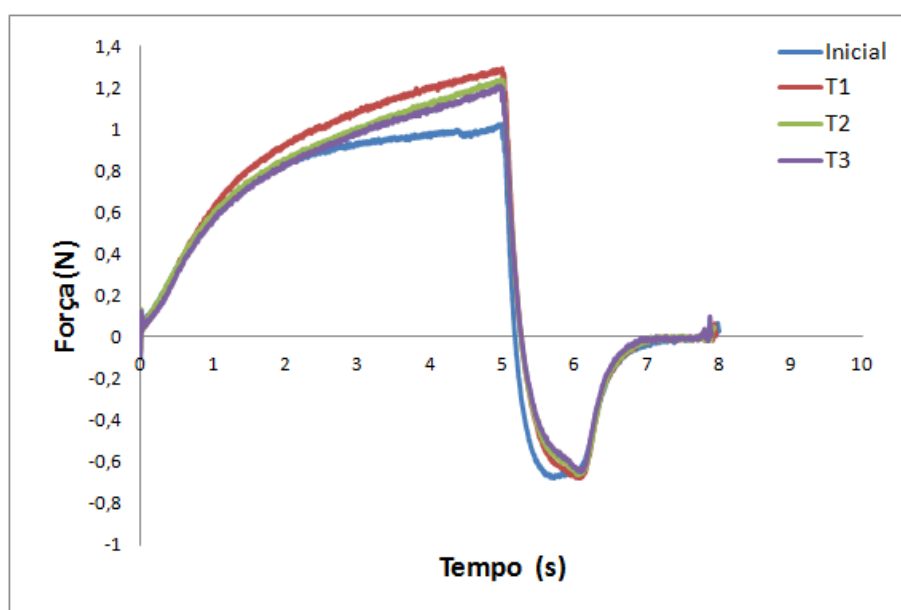


Figura 11 - Curvas de compressão típicas do merengue elaborada pela técnica francesa com sacarose do tipo confeiteiro. Inicial: tempo inicial; T1, T2 e T3: após 1, 2, e 3 horas.

A espuma crua produzida com sacarose refinada, mostrou os maiores valores de força máxima de compressão quando comparada às espumas elaboradas pelo método suíço com sacarose de confeito e cristal (Tabela 8). Como a solubilidade da sacarose é facilitada pela dissolução do açúcar nas claras de ovos, devido o uso de temperatura no processo, aquecimento preliminar à 40°C, há um efeito de drenagem contínuo e a força decresce continuamente, diminuindo a estabilidade.

Tabela 8 – Força máxima de compressão dos merengues (método suíço), com sacarose de diferentes granulometrias.

Sacarose comercial	Tempo de medida	Força de compressão (N)
Sacarose de confeito	T _i	0,66±0,08 ^{cde}
	T ₁	0,61±0,09 ^{de}
	T ₂	0,57±0,12 ^e
	T ₃	0,58±0,09 ^e
Sacarose refinada	T _i	1,17±0,03 ^a
	T ₁	1,08±0,03 ^{ab}
	T ₂	1,00±0,03 ^b
	T ₃	0,98±0,07 ^b
Sacarose cristal	T _i	0,78±0,13 ^c
	T ₁	0,74±0,14 ^{cd}
	T ₂	0,65±0,11 ^{cde}
	T ₃	0,63±0,11 ^{de}

T_i: tempo inicial; T₁: após 1h; T₂: após 2h; T₃: após 3h; ±: desvio padrão; médias de tratamentos seguidas por letras diferentes em uma mesma coluna diferem-se entre si ao nível de 5% de significância.

O método suíço teve redução da força máxima de compressão com o passar do tempo independente da granulometria de sacarose utilizada (Figura 12). Este decréscimo contínuo mostra a redução da estabilidade. Com o mesmo tempo, em ambos os métodos os suspiros elaborados com sacarose do tipo confeito apresentaram menores valores de força de compressão, sendo a espuma mais frágil.

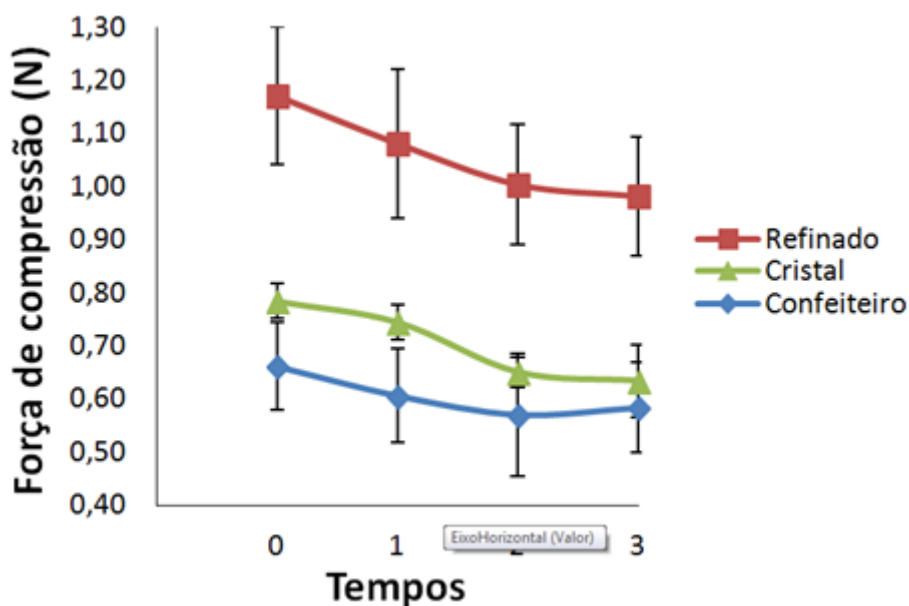


Figura 12 - Força máxima de compressão dos merengues (método suíço), com sacarose de diferentes granulometrias, frente uma força de compressão em diferentes tempos. 0: tempo inicial e após 1, 2 e 3 horas.

As curvas de compressão das espumas cruas elaboradas pela técnica suíça (Figura 13), têm o mesmo perfil das espumas do método francês. Todas as curvas apresentaram comportamentos semelhantes, ocorrendo em alguns casos sobreposição de uma curva na outra.

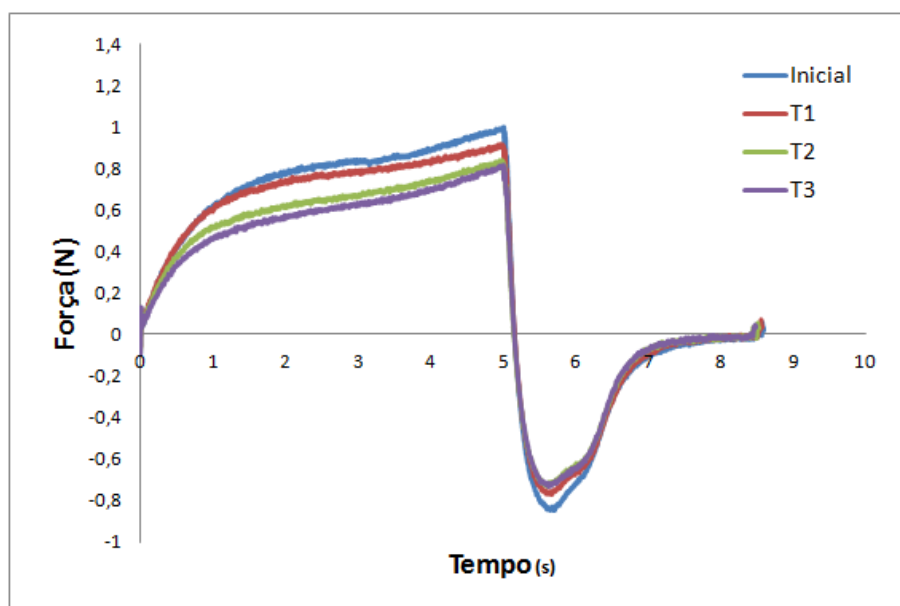


Figura 13 - Curvas de compressão típicas de merengue elaborado pela técnica suíça com sacarose do tipo refinada. Inicial: tempo inicial; T1, T2 e T3: após 1, 2, e 3 horas.

De acordo com a análise fatorial ANOVA, o método empregado para produção de suspiro teve a maior influência na força máxima de compressão das espumas, pois os merengues produzidos pelo método suíço foram mais frágeis, seguido do tipo de

sacarose. As médias de força máxima de compressão são diferentes e crescentes com o aumento da granulometria dos açúcares, 0,80, 0,96 e 1,10 N, respectivamente para a sacarose de confeito, refinado e cristal. O método francês apresentou maior média de força máxima de compressão (1,11 N) diferente do método suíço (0,79 N). A interação entre sacarose e tempo, embora menor, também influenciou sobre a força máxima de compressão.

4.7.2 Determinação da força máxima de compressão do suspiro

Os suspiros da técnica francesa tiveram variação da força máxima de compressão entre 44,6 N (sacarose de confeito) e 34,2 N (sacarose cristal), tiveram uma redução da força inicial após dois dias de armazenagem, exceto para o suspiro com sacarose cristal. Depois de cinco dias a dureza aumentou mesmo a 75% de umidade relativa, para os suspiros preparados com sacarose de confeito e refinada, mas sem retornar aos valores iniciais. A força máxima de compressão para os suspiros com sacarose cristal foi a menor inicialmente e não teve tantas alterações quanto a dos outros suspiros (Tabela 9 e Figura 14).

Tabela 9 - Força máxima de compressão de suspiros armazenados em diferentes umidades relativas do ar (68% e 75%) durante 7 dias.

		Confeito		Refinado		Cristal	
		UR 68%	UR 75%	UR 68%	UR 75%	UR 68%	UR 75%
Francês	Inicial	44±7		46±6		34±4	
		47±11		95±11		58±11	
Francês	2 dias	19±5	12±5	12±5	8±4	38±5	33±4
	5 dias	23±5	14±3	24±5	19±4	31±7	28±5
	7 dias	34±6	27±4	31±5	15±4	35±6	35±6
Suíço	2 dias	12±3	7±2	49±17	50±12	16±6	12±6
	5 dias	21±6	14±2	51±13	61±14	36±13	22±9
	7 dias	19±6	11±4	65±16	55±10	42±15	25±13

A dureza inicial dos suspiros preparados de acordo com o método suíço variou entre 47 N (sacarose de confeito) a 95 N (sacarose refinada) e após dois dias de armazenagem, houve redução da força máxima, havendo um aumento após cinco dias.

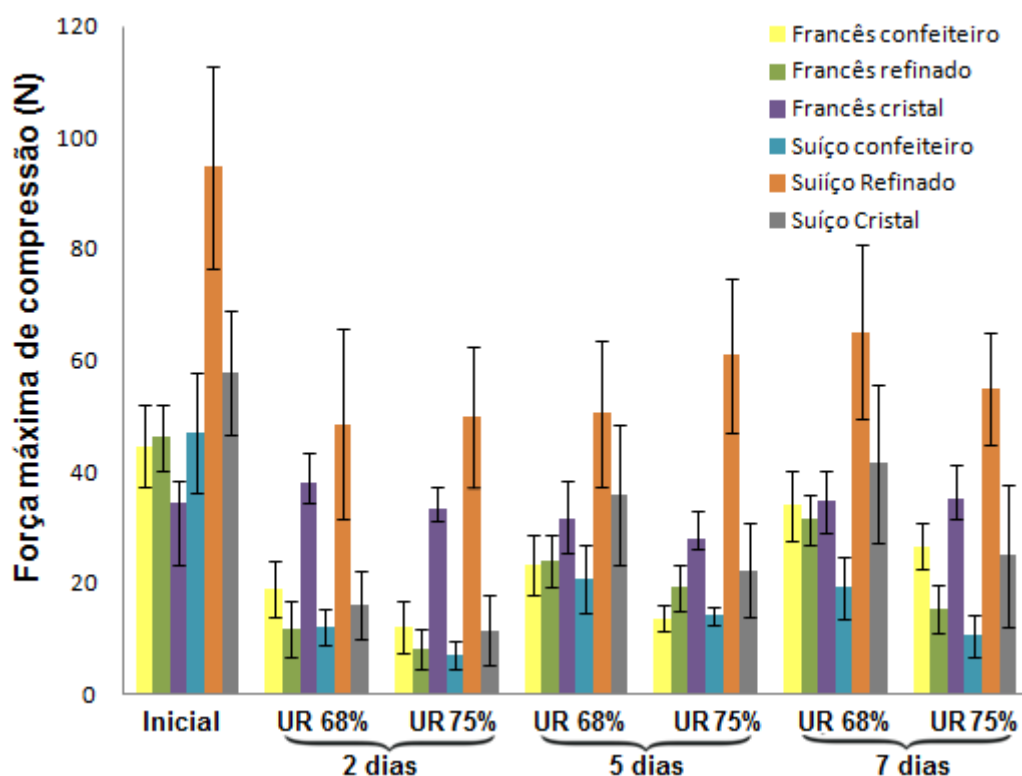


Figura 14 - Força de compressão máxima (N) de suspiros fabricados pelos métodos francês e suíço a partir de sacarose com diferentes granulometrias e armazenados em UR de 68 e 75% durante 7 dias.

A análise de variância ANOVA fatorial mostrou que o tipo de sacarose teve o maior efeito, seguida respectivamente do tempo de armazenagem, método e UR, na textura de suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço. As interações dia, sacarose e método, dia e método, UR e dia e UR, sacarose e método também tiveram efeitos significativos sobre a textura, respectivamente. A Figura 14 apresenta os dados de força máxima de compressão de acordo com a umidade do ar e dias de armazenagem.

As curvas de compressão de todos os suspiros apresentaram comportamento semelhante (Figuras 15 e 16). Para todas as amostras, há um padrão de comportamento comparando a medida inicial com as medidas após armazenagem durante 7 dias em umidades relativas 68% e 75%.

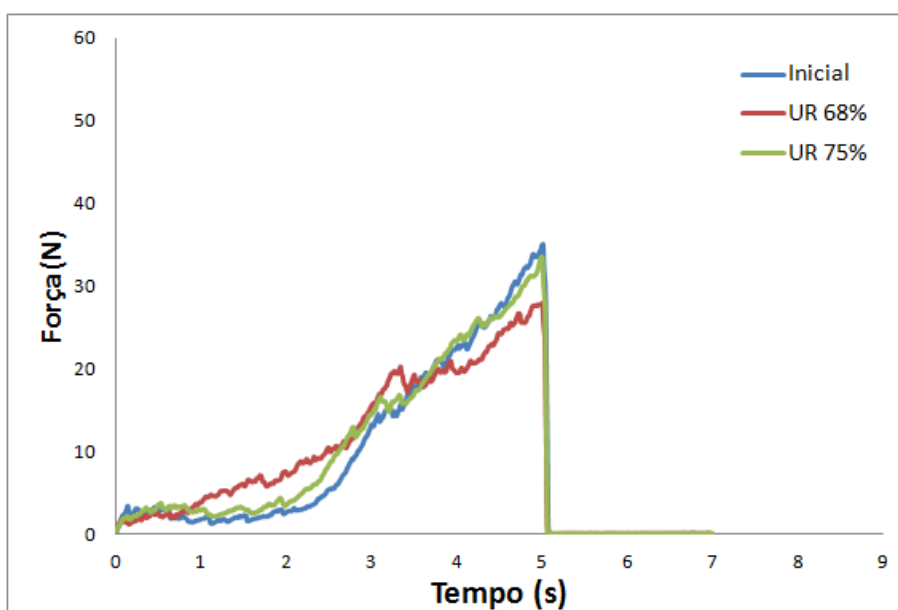


Figura 15 - Curvas de compressão típicas de suspiro elaborado pela técnica francesa com sacarose cristal. Inicial: tempo inicial; UR 68%: armazenado por 7 dias a UR 65%. UR 75%: armazenado por 7 dias a UR 75%.

A Figura 16 mostra que há uma relação direta entre a umidade relativa do ar e a textura dos suspiros fabricados pelo método suíço, pois quanto maior a umidade relativa do ar, menor o pico e força máxima da curva.

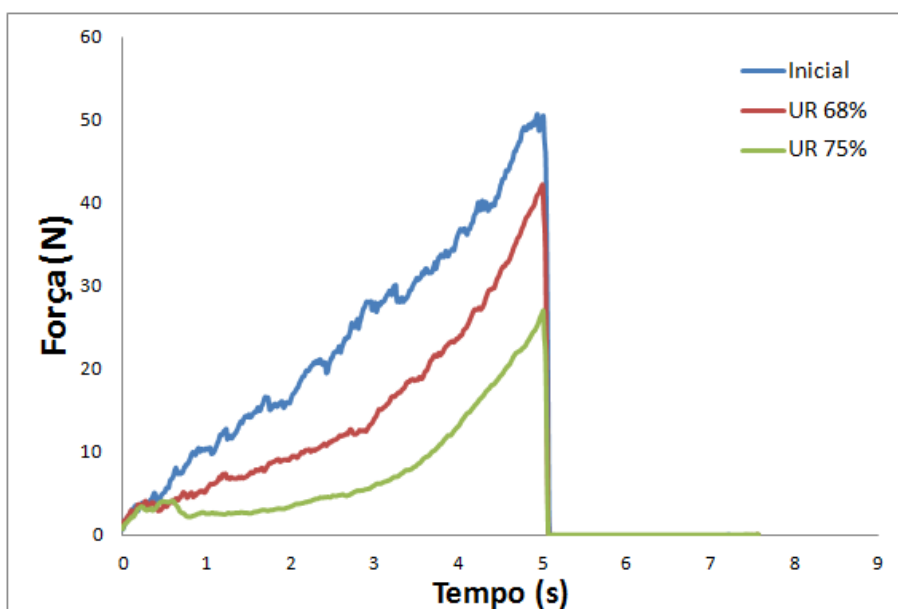


Figura 16 - Curvas de compressão típicas de suspiro elaborado pela técnica suíça com sacarose cristal. Inicial: tempo inicial; UR 68%: armazenado por 7 dias a UR 65%. UR 75%: armazenado por 7 dias a UR 75%.

De acordo com Licciardello et al. (2012) a inclinação e a forma das curvas de compressão são importantes para obter informações sobre as propriedades mecânicas gerais de suspiros. Declives mais acentuados, estão relacionados com suspiros duros

e rígidos, enquanto que a forma da curva, ou seja, presença de picos durante a compressão, corresponde a micro e macro-fissuras, ou micro e macro-porosidade, dos suspiros. Além disso, a topografia dos suspiros, afeta a medição, sendo que o primeiro ponto de fratura nas curvas de compressão varia de acordo com a área de contato da amostra.

Os autores esclarecem que pequenos picos podem indicar numerosas microfissuras internas, sendo que isto ocorreu em todas as amostras analisadas neste estudo. As inclinações iniciais das curvas de compressão, exceto para o suspiro elaborado pelo método suíço com sacarose cristal, podem indicar que é necessária uma resistência mínima para comprimir a amostra e que a estrutura dos suspiros é frágil, principalmente as amostras armazenadas por 7 dias em umidades relativas de 68% e 75%.

As medidas iniciais mostraram curvas mais descontínuas, caracterizando colapsos estruturais internos devido à compressão (Figuras 15 e 16). Além disso, estas amostras apresentaram curvas superiores às armazenadas durante 7 dias em umidade relativa de 86 e 75%, indicando uma rigidez elevada da estrutura e uma textura mais crocante.

4.8 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE DE ÁGUA, ALTERAÇÃO DA UMIDADE E ISOTERMAS DE SORÇÃO

4.8.1 Atividade de água

Os suspiros elaborados pela técnica suíça tiveram valores de atividades de água muito próximas, entre 0,311 (sacarose de confeitiro) e 0,398 (sacarose cristal) enquanto que os suspiros elaborados pela técnica francesa com sacarose refinada (0,232) apresentaram a menor atividade de água (Tabela 10).

Tabela 10 - Atividade de água dos suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço com sacarose de diferentes granulometrias.

Método	Tipo de sacarose	Aw inicial
Francês	Confeiteiro	0,603±0,00
	Refinado	0,232±0,01
	Cristal	0,576±0,00
Suíço	Confeiteiro	0,311±0,01
	Refinado	0,398±0,02
	Cristal	0,318±0,01

Os suspiros elaborados pela técnica francesa com sacarose de confeiteiro e cristal, apresentaram atividades de água elevadas, 0,603 e 0,576, respectivamente, mas os valores podem ter sido ocasionados pela alta umidade relativa do ar no ambiente no dia do uso do equipamento Aqualab ou pelo processo de secagem, pois os suspiros foram elaborados em dias diferentes.

4.8.2 Alterações da umidade

Os valores dos gráficos de g de água/g de sólidos *versus* tempo (h) dos suspiros fabricados pelo método francês com as três granulometrias de sacarose e armazenados por 48 h em duas umidades relativas foram calculados (Figura 17). Há um decréscimo no conteúdo de umidade em ambas as umidades relativas do ar após 24 horas de abertura da embalagem (tempo 0), exceto no suspiro fabricado com a sacarose cristal, que teve maior estabilidade durante o tempo de análise. É provável que as sacaroses que inicialmente tinham estrutura menos uniforme resultaram em maior absorção de água, embora tivessem sido solubilizados na produção da espuma.

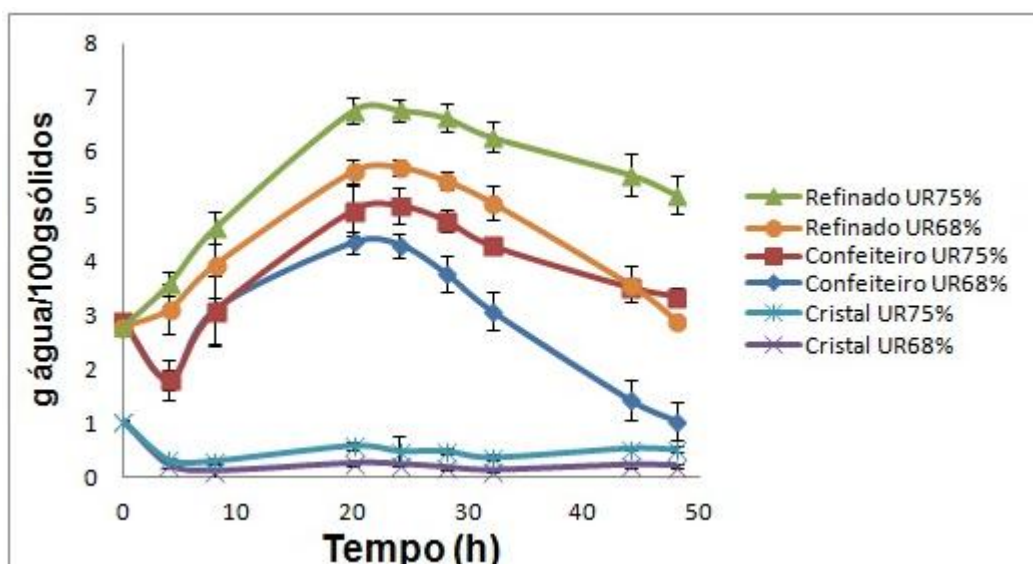


Figura 17 - g de água/g de sólidos *versus* tempo (h) durante um período de 48 horas de equilíbrio dos suspiros fabricados pelo método francês em UR de 68% e 75%.

A Figura 18 exibe o gráfico g de água/g de sólidos *versus* tempo (h) do suspiro fabricado pelo método suíço com sacarose comercial do tipo confeiteiro, refinada e cristal. É possível perceber um comportamento semelhante aos suspiros elaborados pelo método francês, exceto com sacarose do tipo cristal, que teve comportamento igual ao dos outros tipos. Da mesma forma, inicialmente os suspiros ganham umidade com o passar das horas, porém há um decréscimo no conteúdo de umidade de todos os suspiros em ambas as umidades relativas do ar após 24 horas.

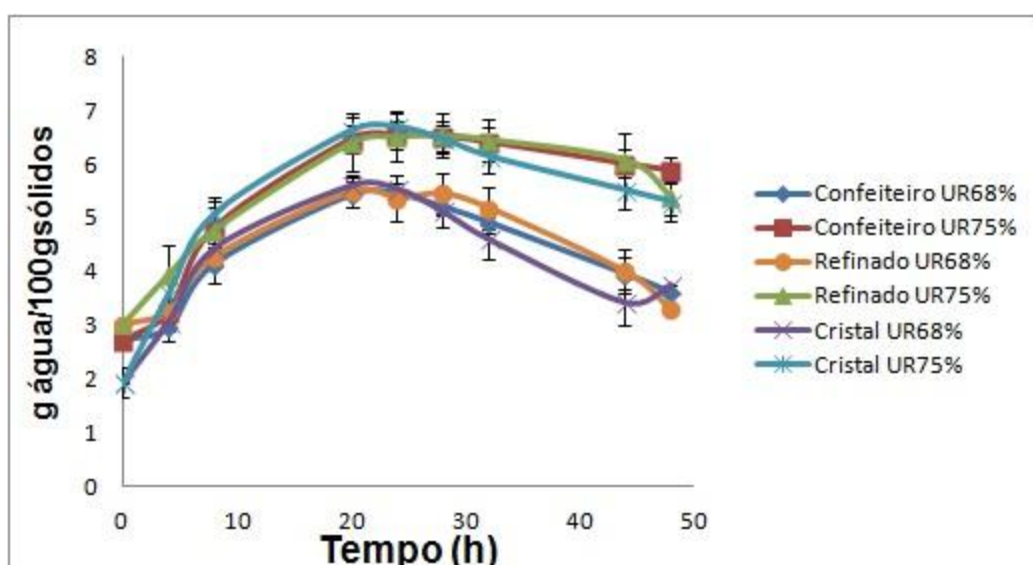


Figura 18 - g de água/g de sólidos *versus* tempo (h) durante um período 48 horas de equilíbrio dos suspiros fabricados pelo método suíço em UR de 68% e 75%.

LAI e SCHMIDT (1990) observaram a cristalização da lactose em leite em pó desnatado armazenado em diferentes umidades relativas de ar durante duas semanas.

Houve uma diminuição do peso das amostras com o passar dos dias, isto mostrou que houve uma transição da lactose, que no início estava no estado amorfo e após a armazenagem passou para o estado cristalino. Este decréscimo pode ser atribuído à absorção de água entre o espaço aleatório das moléculas no sistema não cristalino, sendo que há adsorção de água também pelas proteínas presentes. O mesmo pode ter ocorrido com o suspiros armazenados em UR 68 e 75%, pois observando as Figuras 24 e 26 de MEV, há mais cristais perceptíveis na amostra armazenada a UR 75%.

4.8.3 Isotermas de sorção

As isotermas dos três tipos de sacaroses denominadas comercialmente como: sacarose de confeitiro, refinado e cristal, foram obtidas no equipamento Aquasorb (Figura 19). Não foi possível extrapolar das atividades de água máximas representadas no gráfico, pois o equipamento estabilizou a umidade relativa, no entanto é nítido que acima de atividade de água 0,8 as sacaroses passam a ganhar umidade, desestabilizando a amostra. Isto pode indicar que umidades relativas do ar próximas ou acima a 80% não são favoráveis aos suspiros, que tem como principal composição a sacarose.

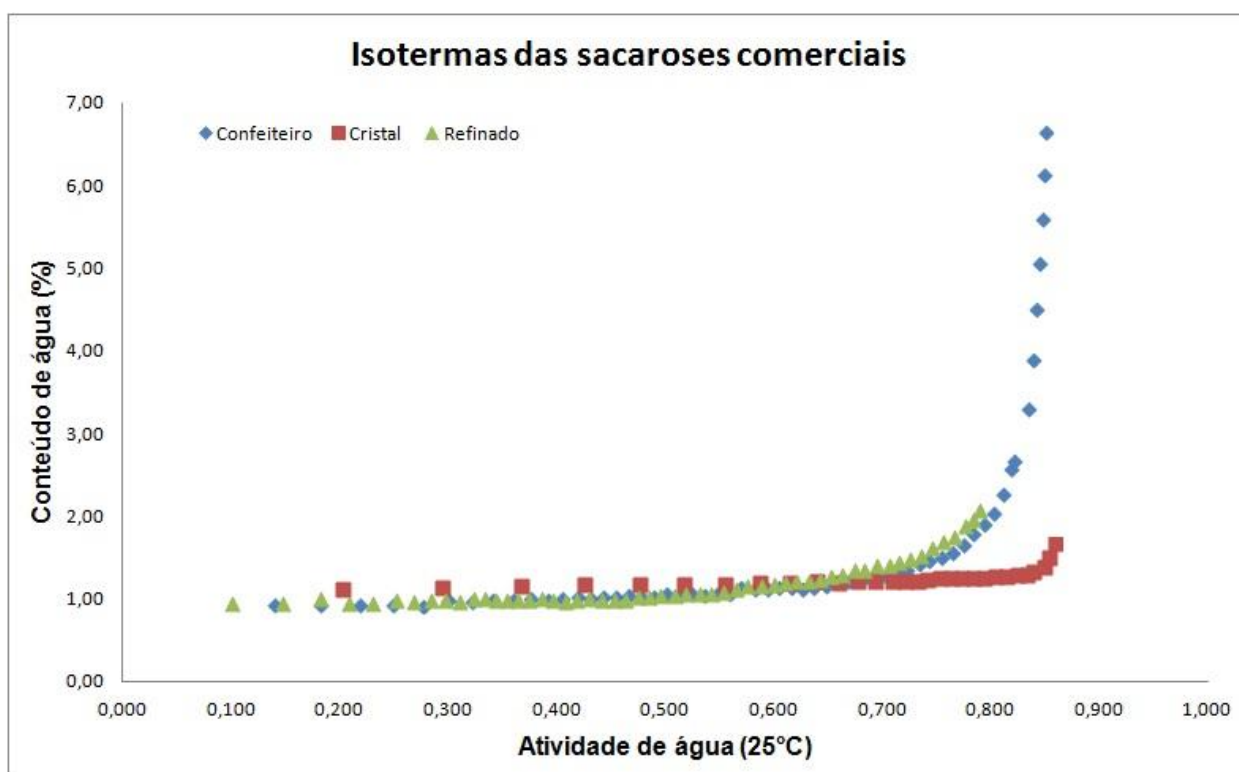


Figura 19 - Isotermas de sacaroses comerciais com diferentes granulometrias à 25°C.

As isotermas no Aquasorb, em duplicata, de suspiro comercial fabricado pelo método suíço, com sacarose refinada (70,2%) e adição de cloreto de sódio (0,1%), xarope de sacarose 62,5% (1,6%) e essência artificial de limão (0,1%), está apresentada na Figura 20, sendo que o equipamento pôde traçar as isotermas somente até atividade de água próxima a 0,8, assim como para as sacaroses.

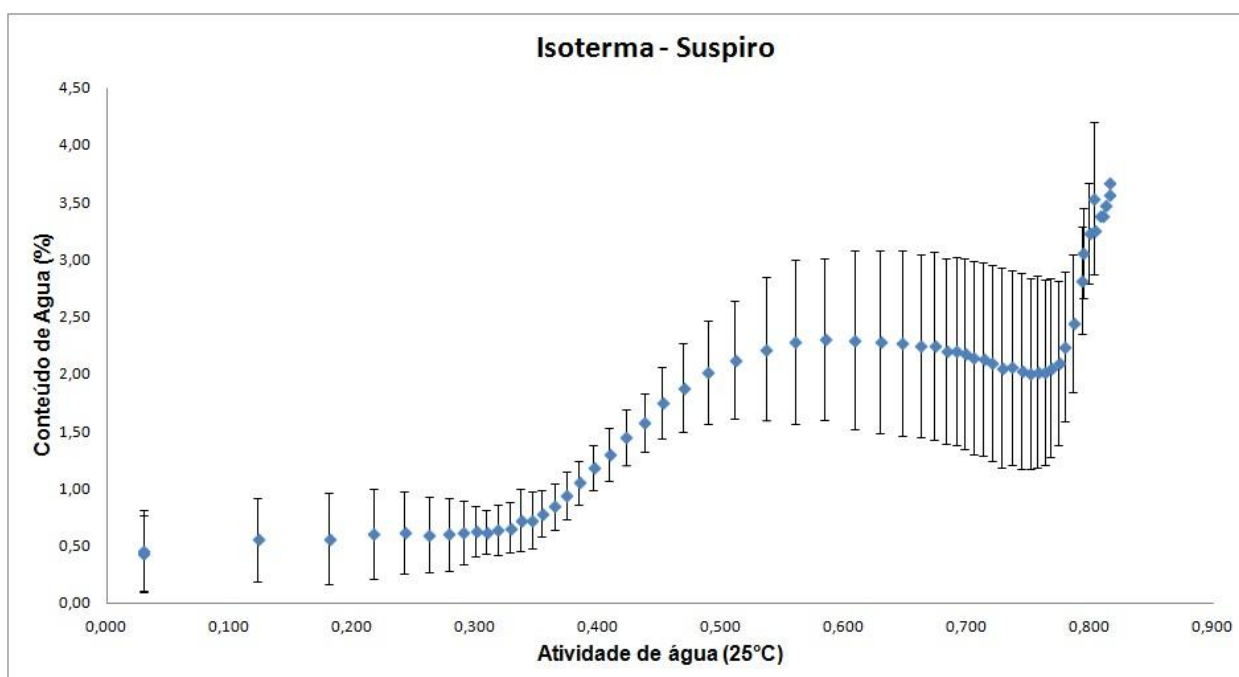


Figura 20 - Isotermas à 25°C de suspiros comerciais fabricados pelo método suíço com açúcar refinado.

Desde a atividade água próxima a 0 até 0,6, há um aumento gradual do conteúdo de água do suspiro comercial, no entanto ao atingir atividade de água próxima a 0,7, há uma queda no conteúdo de umidade, seguida de uma brusca ascendência do conteúdo de água na curva para atividade de água próxima a 0,8 (Figura 20). Este fato concorda com a isoterma das sacaroses (Figura 19), em que há um aumento da umidade próximo a atividade de água 0,8.

As isotermas de suspiros elaborados pelos métodos francês e suíço, obtidas pelo gerador de isotermas Aquasorb são semelhantes à da sacarose pura (Figuras 21 e 22).

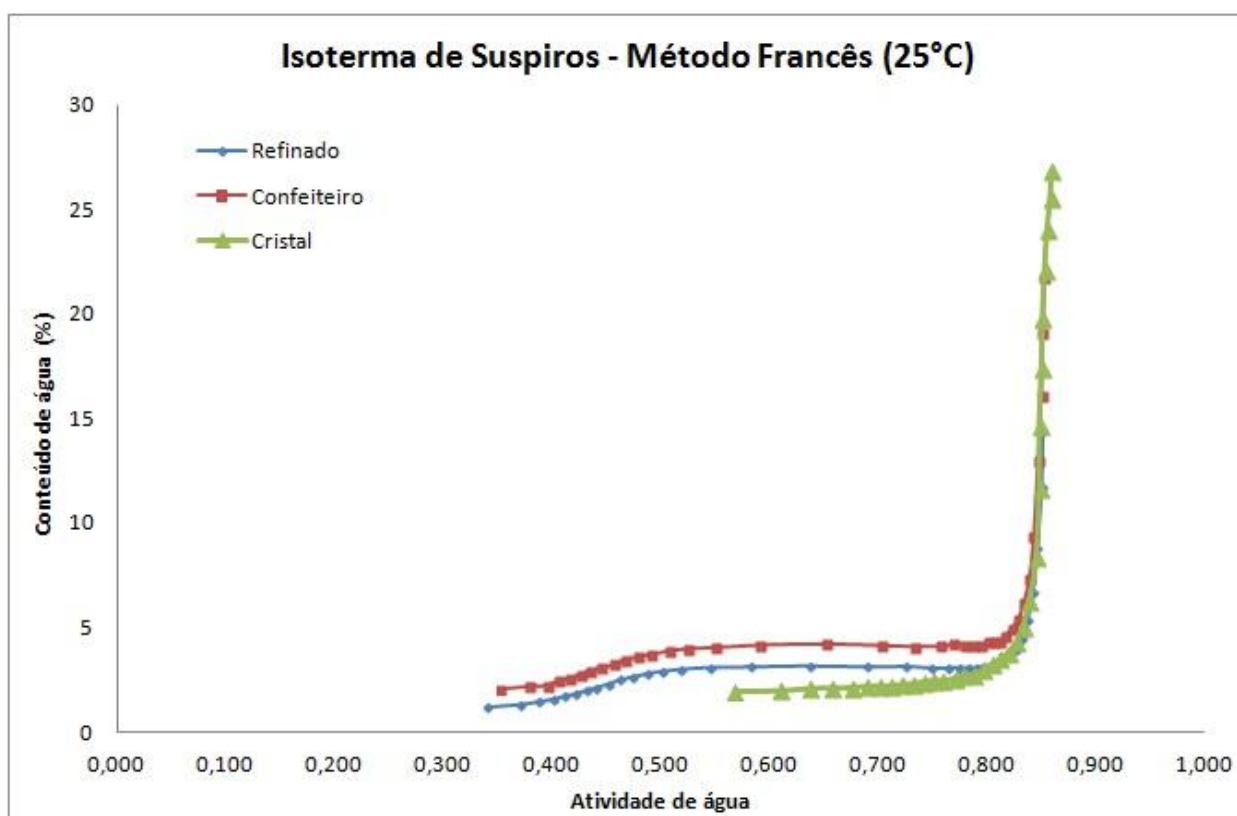


Figura 21 - Isoterma de suspiros fabricados pelo método Francês com diferentes granulometrias de sacarose.

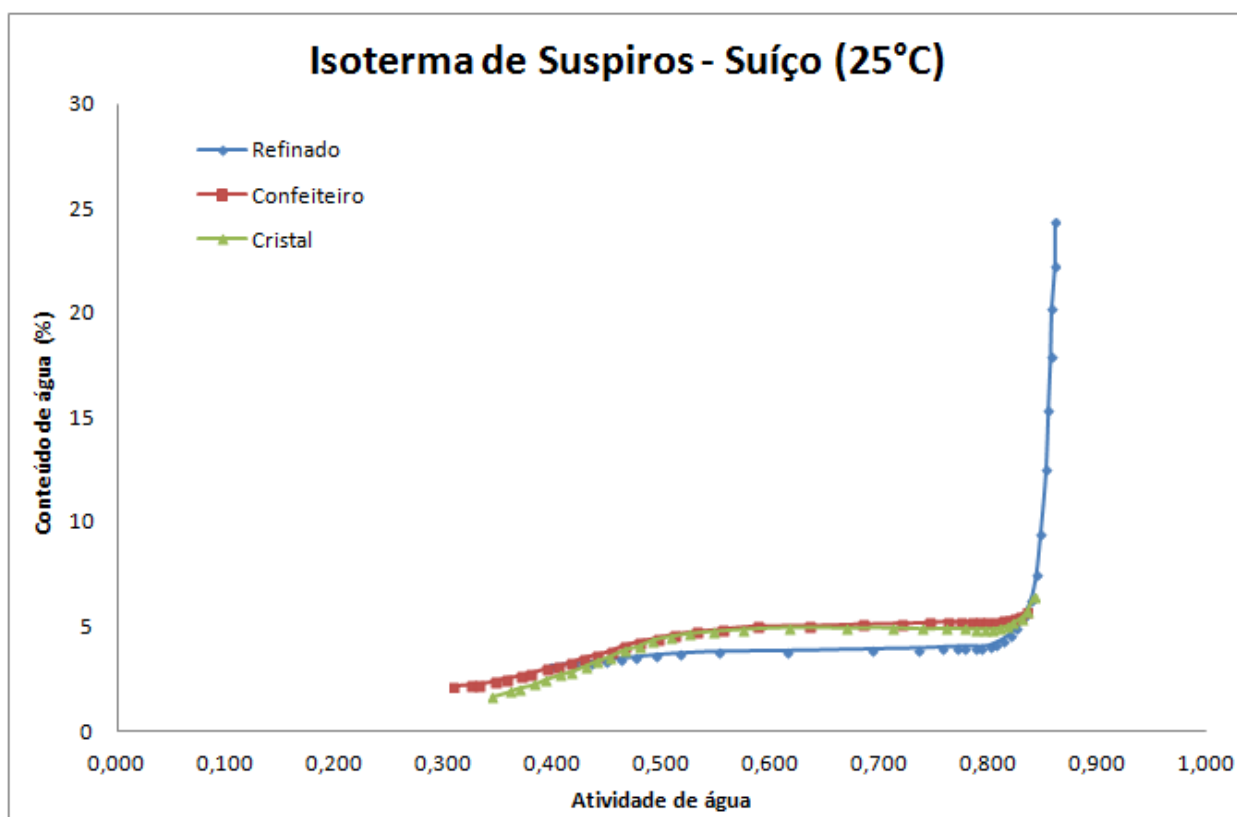


Figura 22 - Isoterma de suspiros fabricados pelo método Suíço com diferentes granulometrias de sacarose.

4.9 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA DE SUSPIRO COMERCIAL

As microfotografias do MEV de suspiro comercial armazenados durante 7 dias em UR de 0% e 75% mostram a presença de cristais perfeitos na superfície do suspiro comercial armazenado durante 7 dias à UR de 0% (Figura 23), além disso, o interior deste suspiro apresenta-se com alta porosidade. O interior de uma das bolhas de ar formadas durante a elaboração do merengue e a fixação no assamento do suspiro, com secagem em ponto crítico, é bastante porosa (Figura 23). Nota-se que o interior da bolha apresenta um fluxo organizado, isto provavelmente devido a organização dos cristais de sacarose ocasionada pela formação da bolha, ou seja, quando o ar é incorporado durante a batidura, ele toma o espaço de cristais, empurrando-os, isto faz com que os cristais se realoquem organizadamente devido ao seu formato.

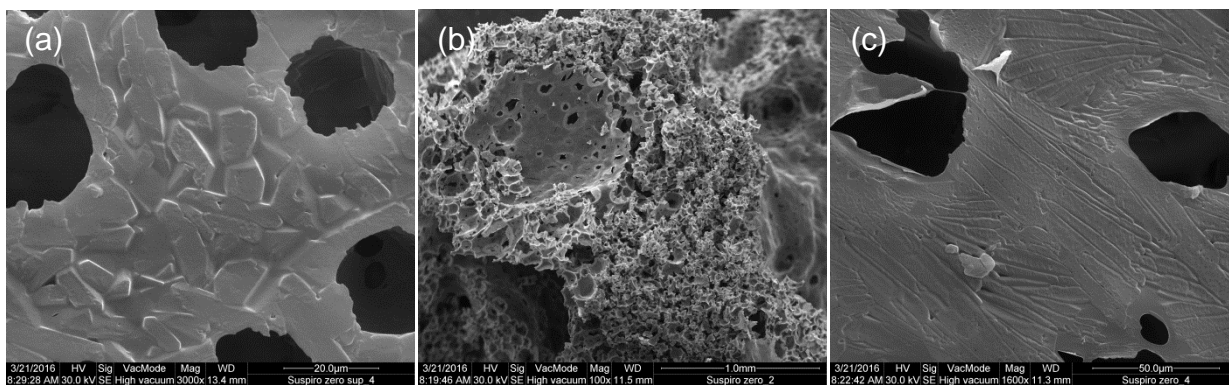


Figura 23 - MEV de suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR de 0%: (a) Superfície do suspiro; (b) Interior do suspiro; (c) Interior do suspiro.

Duzentas e cinquenta e nove bolhas foram contadas, com tamanho médio de 65,67 μm e coeficiente de variação 133% (Figura 23 (b)). Isto mostra que não há homogeneidade nos tamanhos das bolhas que compõe a microestrutura dos suspiros e há uma distribuição de tamanho das bolhas sendo que 70,27% das bolhas estão ente 20 e 69 μm (Figura 24).

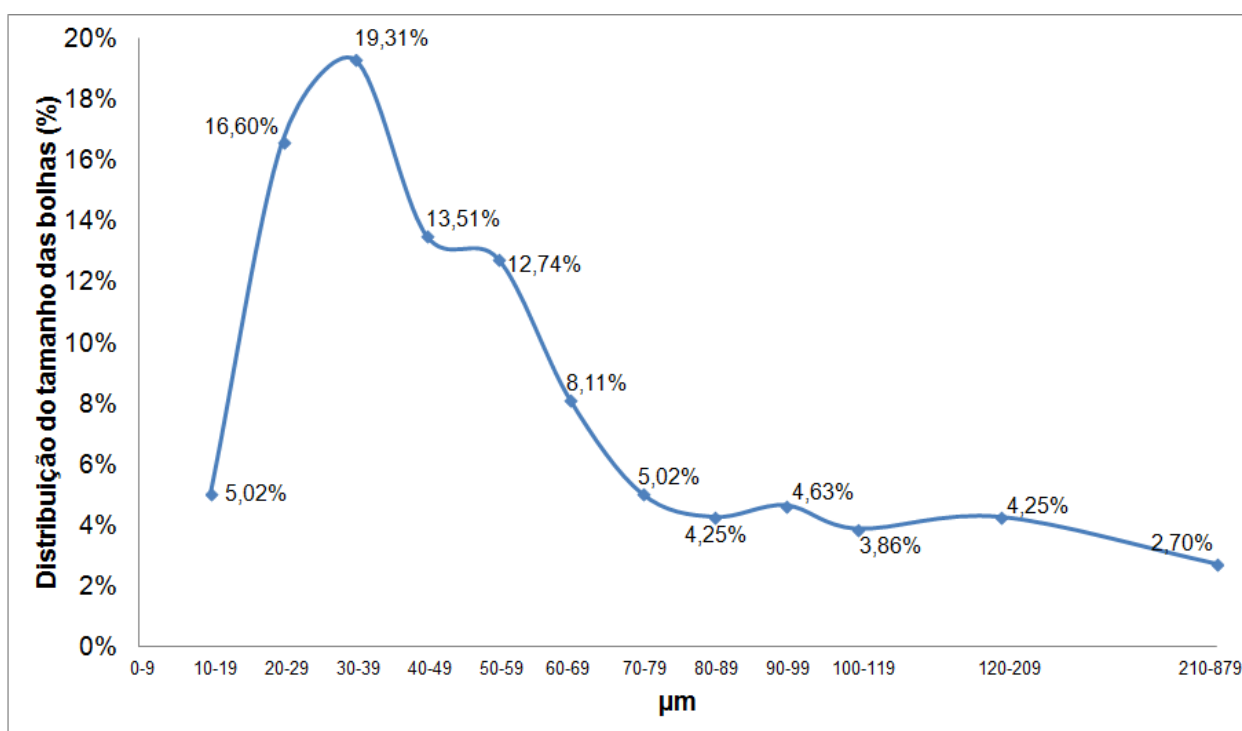


Figura 24 - Percentagem de distribuição dos tamanhos das bolhas de ar em suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR 0%.

O suspiro comercial armazenado durante 7 dias à UR de 75% (Figura 25), também apresentou em sua superfície a presença de cristais perfeitos e em seu interior um fluxo organizado (Figura 25 (c)).

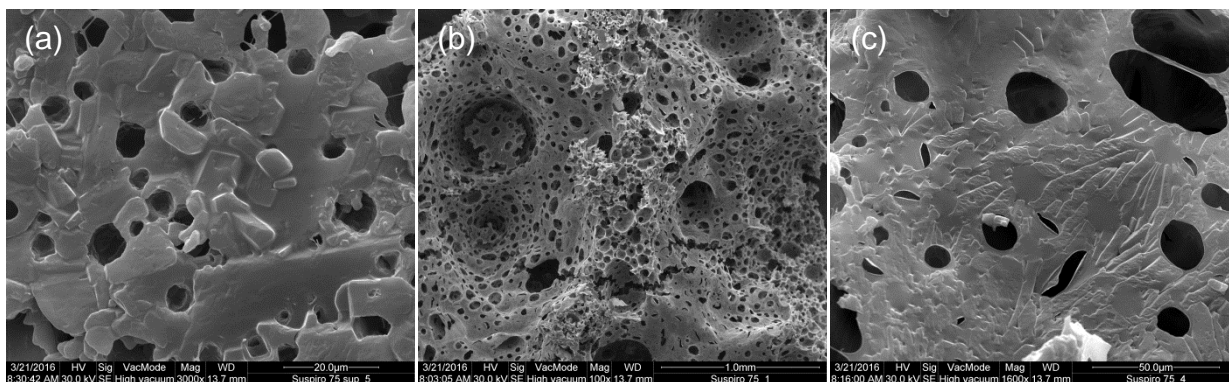


Figura 25 - MEV de suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR de 75%: (a) Superfície do suspiro; (b) Interior do suspiro; (c) Interior do suspiro.

Oitocentas e vinte e nove bolhas de ar foram contadas na Figura 25 (b), com tamanho médio de 40,42 μm com coeficiente de variação 86,61%, mostrando que há alta dispersão no tamanho das bolhas e que 83,84% tinham entre 10 a 59 μm .

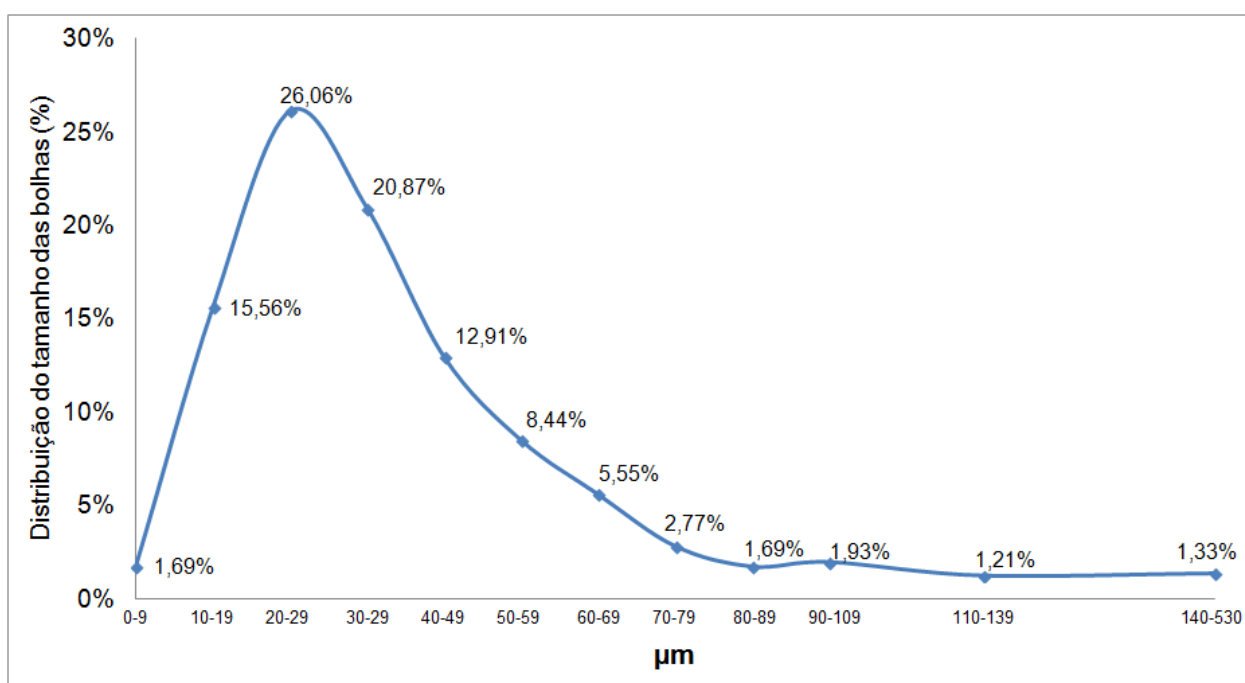


Figura 26 - Percentagem de distribuição dos tamanhos das bolhas de ar em suspiro comercial armazenado durante 7 dias em UR 75%.

Comparando as Figuras 24 e 26, o suspiro armazenado a UR de 0% tinha bolhas de ar maiores do que o suspiro armazenado a UR de 75%, ambos durante 7 dias. O tamanho médio das bolhas da Figura 24 (65,67 μm) também foi maior do que o da Figura 26 (40,42 μm), mostrando que houve contração das bolhas com o aumento da umidade relativa. Esta contração pode estar diretamente relacionada com diminuição da força máxima de compressão (Tabela 9), ou seja, maior fragilidade, dos suspiros produzidos tanto pela técnica francesa, quanto pela suíça, armazenados durante 7 dias à 75% de umidade relativa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As sacaroses tinham granulometrias de acordo com as descrições comerciais, e a mais homogênea foi a da sacarose de confeitiro. Na microscopia eletrônica de varredura, somente a sacarose cristal teve cristais perfeitos, os outros tinham aparência de sólidos aglomerados.

O método de preparo das espumas foi o fator mais importante na definição da força máxima de compressão dos merengues. O método suíço de preparo teve redução contínua na estabilidade de força máxima de compressão durante três horas de determinação de estabilidade dos merengues. Usando o método francês a força máxima ocorreu uma hora após a formação da espuma, sendo que após diminuiu.

Para os suspiros a força máxima de compressão foi influenciada pelo tipo de sacarose, seguido pelo método de preparo, tempo de armazenamento e umidade relativa do ambiente. O armazenamento dos suspiros suíços comerciais elaborados com sacarose refinada em atmosfera seca e a 75% alterou a estrutura dos suspiros, havendo diminuição do tamanho das bolhas do interior dos suspiros o que coincidiu com o aumento da friabilidade dos suspiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTO ALEGRE. **Produtos: Açúcar Cristal Branco e VHP**. 2016. Disponível em: <http://www.altoalegre.com.br/produtos/acucar_cristal.aspx> Acesso em: fev. 2016

ALLEONI, Ana Cláudia Carraro; ANTUNES, Aloísio José. Perfil de textura e umidade espremível de géis do albúmen de ovos recobertos com soro de leite. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 25(1): 153-157, jan.-mar. 2005

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16. ed. Washington, 1995.

BATES,S.; JONAITIS,D.; NAIL,S. Sucrose lyophiles: A semi-quantitative study of residual water content by total X-ray diffraction analysis. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**. V. 85, n. 2, p. 184–188, out. 2013.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova as normas técnicas especiais, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. **Resolução - CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa legis/resol/12_78_acucar.htm> Acesso em: 20 fev. 2015.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o regulamento técnico para açúcares e produtos para adoçar. **Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ca624500474594079ba5df3fbc4c6735/RDC_271_2005.pdf?MOD=AJPERES> Acesso em: 20 fev. 2015.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**. V. 65, n. 4, p. 489–495, dez. 2004.

BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 75-130.

CROGUENNECA, T.; RENAULTB, A.; BEAUFILSB, S.; DUBOISA, J.; PEZENNECA, S. Interfacial properties of heat-treated ovalbumin. **Journal of Colloid and Interface Science**. V. 315, n. 2, 15, p. 627–636, nov. 2007.

CRUZ, Sandra Helena; SARTI, Danilo Augusto. A química do açúcar. **Química Viva**. 2011. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/quimicaviva_acucar> Acesso em: jul.2016.

DAVIS, J.P.; FOEGEDING, E.A. Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg white proteins. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**. V.54, n. 2, 15. p. 200–210, fev. 2007.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010, 900p.

EISBERG, R. M. Raios X. In:_____. **Fundamentos da Física Moderna**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979. p. 429-466.

Faria, N.; Feyer de Azevedo, S.; Rocha, F.A.; Pons, M.N. Modelling agglomeration degree in sucrose crystallization. **Chemical Engineering and Processing** 47 (2008) 1666–1677

FOEGEDING, E. A.; LUCK, P. J.; DAVIS, J.P. Factors determining the physical properties of protein foams. **Food Hydrocolloids**.V. 20,n. 2–3, p. 284–292, mar.-mai. 2006.

FUCHS, W. R. Um novo tipo de radiação. In:_____. **A Física Moderna**. São Paulo: Editora Polígono. 1937. p. 10-33.

R. GAO, H.P. VAN LEEUWEN, E.J. TEMMINGHOFF, H.J. VAN VALENBERG, M.D. Eisner, M.A. van Boekel. Effect of disaccharides on ion properties in milk-based systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. V. 58, p. 6449–6457, 2010.

HANNEMAN, L.J. Sponge goods. In: HANNEMAN, L.J. **Pâtisserie**. 2ª Edição. Amsterdam: Routledge. 2005. p. 81–88.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4ª ed. São Paulo. 2008. p.595-629,

IWATANIA, S.; YAKUSHIJIB, H.; MITANIB, N.; SAKURAIA, N. Evaluation of grape flesh texture by an acoustic vibration method. **Postharvest Biology and Technology**. V.e 62, n. 3, p. 305–309, dez. 2011.

JAYASUNDERA, M.; ADHIKARI, B.; ALDRED, P.; GHANDI, A. Surface modification of spray dried food and emulsion powders with surface-active proteins: A review. **Journal of Food Engineering**. V. 93, n. 3, p. 266–277, ago. 2009.

JONES, Bridget; DUCHENE, Laurent. **Le Cordon Bleu – Sobremesas e suas Técnicas**. São Paulo: Marco Zero, 2000.

LAI, His-Mei; SCHMIDT, Shelly J. Lactose Crystallization in Skim Milk Powder Observed by Hydrodynamic Equilibria, Scanning Electron Microscopy and ²H Nuclear Magnetic Resonance. **Journal of Food Science**. V. 55, n. 4, p. 994-999, 1990.

LICCIARDELLO, F.; FRISULLO, P.; LAVERSE, J.; NOBILE, G.; MURATORE, M. A. D. Effect of sugar, citric acid and egg white type on the microstructural and mechanical properties of meringues. **Journal of Food Engineering**. V. 108, p. 453–462, 2012.

GREENSPAN, L. Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions. *Journal of research of the national bureau of standards-a*. **Physics and Chemistry**. V. 81, n. 1, jan.-fev.1977.

MACHADO, Simone Silva. **Tecnologia da Fabricação do Açúcar**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 56 p. : il. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/tecnologia_fabricacao_acucar.pdf> Acesso em: jul./2016

MANTILHA, Hernán Dario Rojas. **Estudo da cristalização da sacarose com adição de antissolvente**. Dissertação (mestrado). Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: UFSCar, 2013. 177 p.

DIGITALMICROGRAPH SCRIPTING. **Gatan Microscopy Suite Software**. 2016. <<http://www.gatan.com/products/tem-analysis/gatan-microscopy-suite-software>>

MATHLOUTHI, M.; REISER, P. **Sucrose: Properties and Applications**. London: Chapman & Hall, 1995, 294 p.

MARTINS, C.R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, vol.36 n.8. São Paulo, 2013

MRADA, N. D.; BONAZZIA, C.; BOUDHRIOUAD, N.; KECHAOUB, N.; COURTOISA, F. Influence of sugar composition on water sorption isotherms and on glass transition in apricots. **Journal of Food Engineering**. V. 111, n. 2, p. 403–411, jul. 2012.

NICORESCUA, I.; VIALB, C.; TALANSIERA, E.; LECHEVALIERC, V.; LOISELA, C.; DELLA VALLEA, D.; RIAUBLANCD, A.; DJELVEHB, G.; LEGRANDE, J. Comparative

effect of thermal treatment on the physicochemical properties of whey and egg white protein foams. **Food Hydrocolloids**. V. 25, n. 4, p. 797–808, jun. 2011.

NÝVLT, Jaroslav; HOSTOMSKÝ, Jiří; GIULIETTI, Marco. **Cristalização**. São Carlos: EdUFSCAR/IPT, 2001. 160p.

PASCOAL, Leonardo Augusto Fonseca; BENTO JUNIOR, Francisco de Assis; SANTOS, Willian Silva dos; SILVA, Ricardo Sousa; DOURADO, Leilane Rocha Barros; BEZERRA, Ana Patrícia Almeida. Qualidade de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na cidade de Imperatriz –MA. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.9, n.1, p. 150-157, jan/mar, 2008

PANZICA, M.; EMANUELE, A.; CORDONE, L. Thermal aggregation of bovine serum albumin in trehalose and sucrose aqueous solutions. **The Journal of Physical Chemistry B**. V. 116, p. 11829–11836, 2012.

RAIKOS, V.; CAMPBELL, L.; EUSTON, S. R. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. **Food Research International**. V.e 40, n. 3, p. 347–355, abr. 2007.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Carboidratos. In:_____. **Química de alimentos**. 2ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

SANTOS, L. B. **Caracterização térmica de sacarose de cana-de-açúcar: amostras de padrão de referência, comercial e purificada**. 2011. 117 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto – SP. 2011.

SCHOONOVER, F. D. **Meringue**. United States Patent Office. 3,338,721 Patented. New York, USA, Assignor to Standard Brands Incorporated, A corporation of Delaware. Ago.1967.

SCHMIDT, S.J.; LEE, J.W. Comparison between water vapor sorption isotherms obtained using the new dynamic dewpoint isotherm method and those obtained using the standard saturated salt slurry method. **Int. J. Food Prop**. V.5, p. 236–248, 2012.

STATSOFT, *INC.* **STATISTICA** (data analysis software system), version 10. 2011. <www.statsoft.com>

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**. V. 13, n. 4, p. 215–225, jun. 2002.

SZCZESNIAK, A. S. The Whys and Whats of Objective Texture Measurements. **Canadian Institute of Food Technology Journal**. V. 2, n. 4, p. 150–156, out. 1969.

TORRES², Elizabeth A.F.S; CAMPOS, Norberto C.; DUARTE, Marilda; GARBELOTTI, Maria L.; PHILIPPI, Sonia T.; RODRIGUES, Regina S. Minazzi. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciênc. Technol. Aliment.** vol. 20, n. 2, Campinas. Mai./Ago. 2000.

TIPLER, P. A. A quantização da eletricidade, da luz e da energia. In:_____. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. p. 89-112.

I.M.C. XAVIER, S.V. CANÇADO; T.C. FIGUEIREDO; L.J.C. LARA; A.M.Q. LANA; M.R. SOUZA; N.C. BAIÃO. Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** vol.60 n.4, Belo Horizonte. Ago. 2008.

YANG, X.; FOEGEDING, E. 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, n. 2–3, p. 227–238, mar.-mai. 2010.