



**ESTUDO PARA ESTABELECEER CORRELAÇÃO ENTRE O TAMANHO E FORMATO DE GRÂNULOS DE PRODUTOS-MODELO, OBTIDOS POR AGLOMERAÇÃO COM VAPOR, E AS PROPRIEDADES DE RECONSTITUIÇÃO DE PÓS EM LÍQUIDOS**

Natalia Policarpo de **Freitas**<sup>1</sup>; Fernanda Zaratini **Vissotto**<sup>2</sup>; Valdecir **Luccas**<sup>3</sup>; Izabela Dutra **Alvim**<sup>4</sup>; Gina Maria Bueno Quirino **Cardozo**<sup>5</sup>

**Nº 18227**

**RESUMO** – Este projeto de pesquisa consiste em estudar os efeitos do processo de aglomeração com vapor de produto-modelo em pó, base proteína, com o objetivo de reduzir os finos e melhorar as características de reconstituição desses produtos em líquidos. A proteína de ervilha usada como produto-modelo neste estudo apresentou dificuldade em se aglomerar somente com o vapor, sendo necessário a combinação desta com veículos de granulação (maltodextrina, açúcar extra fino, colágeno, gelatina e lecitina em pó) em diferentes proporções. Quando o produto em pó apresenta o formato de grânulo, a entrada de líquido de reconstituição, devido à presença de canais no material poroso, favorece a “instantaneização”, indicando boa molhabilidade. Neste estudo também foi avaliada a influência do tamanho e formato das telas do aglomerador com vapor na molhabilidade dos produtos granulados. O produto-modelo, os veículos e as misturas foram caracterizados quanto as densidades aparente e acomodada, cor, umidade, atividade de água e molhabilidade. Os resultados mostraram que o processo de aglomeração com vapor não melhorou a molhabilidade da proteína de ervilha, sendo necessária a mistura desta com os veículos de aglomeração, sendo que, o açúcar extra fino foi o que apresentou o melhor desempenho dentre os veículos testados. Com relação as telas com diferentes tamanhos e formatos, acopladas ao aglomerador com vapor, verificou-se que houve influência na aparência dos produtos aglomerados.

**Palavras-chaves:** aglomeração, vapor, proteína, ervilha, molhabilidade, grânulo.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Ciências de Alimentos, ESALQ/USP, Piracicaba-SP; natalia.policarpo.freitas@gmail.com.

2 Orientador, Pesquisador do CEREAL CHOCOTEC/ ITAL, Campinas-SP; vissotto@ital.sp.gov.br.

3 Colaborador, Pesquisador do CEREAL CHOCOTEC/ ITAL, Campinas-SP; vluccas@ital.sp.gov.br.

4 Colaborador, Pesquisador do CEREAL CHOCOTEC/ ITAL, Campinas-SP; izabela@ital.sp.gov.br.

5 Colaborador, Pesquisador do CCQA/ITAL, Campinas-SP; ginambqc@ital.sp.gov.br.



**ABSTRACT** – *This research project consists of studying the effects of the agglomeration process with powdered model product, protein base, with the aim of reducing the fines and improving the reconstitution characteristics of these products in liquids. The pea protein used as a model product in this study had difficulty in agglomerating with steam, and it was necessary to combine it with granulation vehicles (maltodextrin, extra fine sugar, collagen, gelatin and powdered lecithin) in different proportions. When the powdered product has the granule shape, the inflow of reconstitution liquid, due to the presence of channels in the porous material, favors "instantaneization", indicating good wettability. In this study, the influence of the size and shape of the grids of the steam agglomerator on the wettability of the granulated products was also evaluated. The model product, vehicles and mixtures were characterized as apparent and accommodative densities, color, moisture, water activity and wettability. The results showed that the steam agglomeration process did not improve the wettability of the pea protein, being necessary the mixing of this with the agglomeration vehicles, being that the extra fine sugar presented the best performance among the vehicles tested. With respect to the grids with different sizes and formats, coupled to the steam agglomerator, it was verified that there was influence on the appearance of the agglomerated products.*

**Keywords:** agglomeration, steam, protein, pea, wettability, granule.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Proteínas de origem vegetal na alimentação humana

A importância das proteínas na estrutura e no funcionamento celular determina a necessidade de sua presença na alimentação humana. As proteínas são substâncias orgânicas que desempenham funções estruturais (colágeno), contráteis (actina e miosina), biocatalisadoras (enzimas), hormonais (insulina), de transporte ou de transferência (hemoglobina) e de nutrição. Para contribuir na formação de moléculas proteicas que desempenharão essas funções no corpo humano, as proteínas precisam ser bem digeridas, bem absorvidas e devem fornecer quantidades e proporções adequadas de aminoácidos. São formadas por aminoácidos, unidos entre si por ligações peptídicas, podendo outras substâncias participar de sua estrutura. É de vinte o número de aminoácidos frequentemente encontrados nos alimentos. O número e a sequência de aminoácidos



**12º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2018**  
**01 a 03 de agosto de 2018 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-145-5**

na molécula, o tamanho da estrutura/cadeia e sua conformação tridimensional são fatores que respondem pela diversidade de proteínas encontradas na natureza. Os aminoácidos que compõem uma molécula de proteína definem ainda suas propriedades físico-químicas. São substâncias mais solúveis em água que em solventes orgânicos e apresentam temperatura de fusão e de decomposição acima de 220°C (ARAÚJO; BORGIO; ARAÚJO, 2008).

O número de pessoas adeptas do vegetarianismo ou que estão diminuindo o consumo de alimentos de origem animal está aumentando. Normalmente estes indivíduos buscam um estilo de vida saudável, tem precaução com a origem e a qualidade dos alimentos que consomem e ainda cuidado com o meio ambiente e os animais. Com o objetivo em atender a este público, principalmente veganos, e também indivíduos com alergia a proteína do leite, intolerantes à lactose e alérgicos à proteína da soja, o mercado internacional e recentemente o mercado brasileiro está produzindo suplementos à base de proteínas vegetais. Os indivíduos (vegetarianos e alérgicos) que têm dificuldades em ter uma adequada ingestão proteica ou em combinar e equilibrar os alimentos, possuem disponíveis opções de proteína vegetais de sabor agradável e de alta qualidade, como a ervilha e o arroz. A proteína isolada da soja foi a primeira proteína vegetal utilizada em substituição às proteínas do soro do leite e caseína. Apresentam excelente qualidade de aminoácidos e velocidade de absorção, entretanto muitos questionam a sua procedência e a possibilidade de ser transgênica. As proteínas de ervilha e arroz são hipoalergênicas e não são transgênicas. A proteína isolada de ervilha apresenta boa qualidade de aminoácidos, é excelente fonte de BCAA (aminoácidos de cadeia ramificada) e também é fonte de ferro (não heme) e de zinco. Deficiente no aminoácido metionina, possui altas quantidades de aminoácido lisina. A associação de diferentes fontes de proteínas melhora o perfil de aminoácidos desta proteína (PERRONI, 2018).

A proteína de ervilha possibilita a obtenção de suplementos destinados para a melhora da performance física e muscular, para a redução da degradação muscular, para o auxílio no pós-operatório, para fornecer aporte proteico e também visando auxiliar em regimes de emagrecimento. É destinada para o público que tem restrições alimentares ou preferem se alimentar com produtos que não possuem glúten, sem lactose, isentos de caseína, sem proteína do leite, que não possuem gorduras trans, isentos de aditivos (conservantes, corantes, etc.) e adoçantes.

Como mais empresas e consumidores investiram em formulações com sabores e nutrição inerentes ao uso de plantas como ingredientes, incluindo frutas, vegetais, ervas, sementes e grãos, 'Poder para as Plantas' é uma das previsões das Tendências Globais em Alimentos e Bebidas, da Mintel, que mais rapidamente cresceu em 2017. Essa tendência também abrange o interesse em produtos com posicionamento vegetariano ou vegano. Dos produtos globais de alimentos e bebidas



lançados entre setembro de 2016 a agosto de 2017, 11% apresentaram reivindicações vegetarianas, em comparação com quase 4% de setembro de 2006 a agosto de 2007. Similarmente, itens alimentícios e de bebidas com posicionamentos veganos aumentaram, globalmente, de menos de meio por cento a quase 5% no mesmo período de tempo. Esses claims ajudam os consumidores a identificarem produtos baseados em plantas em todas as categorias (ZEGLER, 2018).

Com base no que foi apresentado, neste estudo será utilizado o isolado proteico de ervilha visando simular alimentos em pó base proteína de origem vegetal (produto-modelo). A aglomeração com vapor terá como objetivo a redução dos finos e a melhoria das características de reconstituição do produto em líquidos.

## **1.2 Aglomeração com vapor**

A aglomeração com vapor é um processo de granulação úmida. Segundo Hogekamp, Schubert e Wolf (1996), neste tipo de processo o produto a ser aglomerado alimenta o granulador como um pó seco, consistindo de partículas simples e agregados de partículas primárias ligadas por forças de Van der Waals ou forças eletrostáticas. No interior, da zona de aglomeração, jatos de vapor são direcionados por bicos paralelos ou perpendiculares ao fluxo de pó, servindo para umedecer os sólidos e mover as partículas umas sobre as outras. O contato do líquido ligante com a superfície da partícula fria causa condensação no produto. Gotas formadas pela condensação também podem colidir com as partículas primárias ou aglomerados. Desse modo, dois mecanismos diferentes contribuem para o processo de umidificação do material: a condensação do vapor sobre as superfícies frias e a colisão das partículas com gotas de vapor condensado. Caso o pó contenha componentes solúveis em água, o umedecimento permite que se desenvolvam camadas de líquido viscosas, pela dissolução de uma parte dos componentes solúveis em água. As partículas passam a apresentar superfícies colantes e se aglomeram devido à colisão entre elas. Após a zona de aglomeração, segue a seção de secagem dos grânulos. A formação dos aglomerados neste tipo de processo é dependente do tamanho das partículas do material da alimentação, das condições de insuflamento da corrente de vapor e das forças de coesão presentes durante a colisão das partículas, secagem e resfriamento.

## **1.3 Propriedades de reconstituição dos pós em líquidos**

As etapas que ocorrem após a deposição de um pó alimentício na superfície do líquido de reconstituição são:



(a) Penetração do líquido dentro da estrutura do poro por capilaridade (propriedade: molhabilidade);

(b) Imersão das partículas e / ou porções do material na fase líquida (propriedade: imersibilidade);

(c) Dispersão do pó no líquido ou sedimentação (propriedade: dispersibilidade);

(d) Se o material em pó é solúvel no líquido ocorre a dissolução das partículas, sendo a propriedade associada à solubilidade.

As propriedades relacionadas com as quatro etapas anteriormente mencionadas são denominadas propriedades de instantaneidade do produto (SCHUBERT, 1993). As fases de (a) a (d) ocorrem na sequência indicada, com ocasional sobreposição entre elas. As propriedades apresentadas são controladas por leis físicas distintas, devendo ser avaliadas separadamente, sendo que a melhora da instantaneidade do pó é obtida acelerando a etapa que controla o processo de reconstituição. Mais frequentemente a molhabilidade é a propriedade que controla a reconstituição de pós em líquidos, sendo que uma forma de se melhorar a molhabilidade do pó é submetê-lo ao processo de aglomeração.

Segundo Salazar (1979), a molhabilidade é o processo no qual a fase gasosa (ar ocluído) na superfície da fase sólida (partículas) é substituída pela fase líquida (água). A molhabilidade é influenciada pela hidrofobicidade superficial e também pelo tamanho e forma das partículas (MAIA; GOLGHER, 1983).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 MATERIAL**

#### **2.1.1 Produto-modelo e veículos de aglomeração**

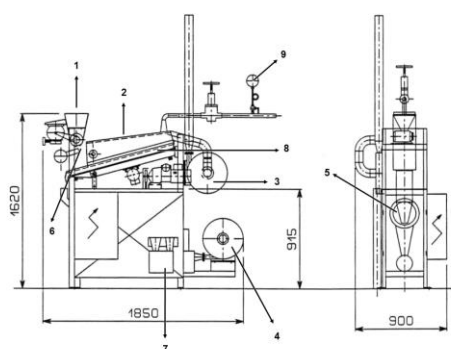
Para a realização deste estudo foi escolhido um produto-modelo que simulasse os alimentos em pó à base de proteína. Este produto-modelo foi aglomerado puro e também em mistura com veículos de aglomeração (componentes que se ligam ao vapor e também ao alimento e viabilizam a granulação com vapor do material).

O produto-modelo em pó utilizado neste estudo foi a Proteína isolada de ervilha (fornecedor: Metachem Industrial e Comercial Ltda, São Paulo/S.P.).

Os veículos de aglomeração utilizados para os testes foram a Maltodextrina marca comercial MOR REX 1920 (fornecedor: Ingredion, Mogi Guaçu/S.P.); o açúcar extra fino (fornecedor: Açucareira Boa Vista, Limeira/S.P.); o Colágeno Hidrolisado marca comercial PEPTIPLUS® SB (fornecedor: Gelita, Cotia/S.P.); a Gelatina 240 bloom, 30 mesh (fornecedor: Gelita, Cotia/S.P.); e a Lecitina em Pó – SOLEC™ L TN (fornecedor: Du Pont Nutrition & Health, Cotia/S.P.).

### 2.1.2 Aglomeração com vapor

Utilizou-se no estudo um aglomerador com vapor (mini instantaneizzatore da laboratorio, ICF Industrie Cibec SPA, Italy, 2000) (Figura 1). A alimentação do aglomerador era realizada manualmente sendo o fluxo de pó direcionado para o centro da tremonha de alimentação (1), no interior da qual havia uma escova rotativa que forçava a passagem do pó contra uma tela perfurada. O produto-modelo era molhado pelo vapor saturado que saía do difusor (6). O produto era então encaminhado para um secador rotativo (5), sendo após a etapa de secagem, classificados em função de seu tamanho (7). A faixa de variáveis em que o aglomerador opera é: pressão do vapor – 1,0 a 1,8 bar; vazão de sólidos da alimentação - 400 a 700 g/min; frequência de rotação do secador – 12 a 52 rpm; temperatura do secador rotativo – 25 a 100 °C.



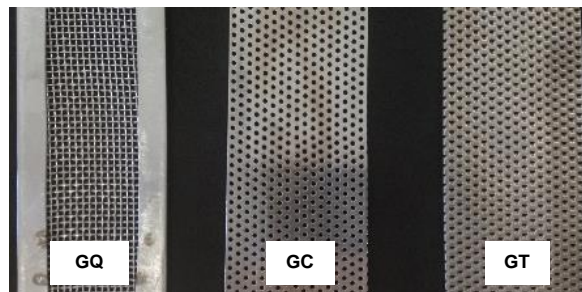
**Figura 1.** Desenho esquemático do aglomerador piloto ICF Industrie Cibec, sendo (1) tremonha de alimentação, (2) sistema aquecido de aspiração de vapor e finos, (3) exaustor, (4) ventilador de ar para o secador rotativo, (5) secador rotativo, (6) difusor de vapor, (7) classificador dos aglomerados, (8) tela inclinada 45°, (9) manômetro de vapor. (Fonte: ICF Industrie CIBEC s.p.a., Maranello, Itália).

### 2.1.3 Telas do aglomerador com vapor

Foram confeccionadas 3 telas, com aberturas de formato quadrado, circular e triangular, que foram acopladas abaixo da tremonha de alimentação do aglomerador. Na etapa de alimentação do granulador, o pó é forçado contra estas telas metálicas, sendo que o formato e tamanho dos grânulos formados na aglomeração com vapor são influenciados pelas características (formato e tamanho das aberturas) destas telas.



Na Figura 2 são apresentados os formatos das telas confeccionadas para este estudo.



**Figura 2.** Telas com aberturas de formato quadrado (GQ), circular (GC) e triangular (GT).

## 2.2 MÉTODOS

### 2.2.1 Caracterização do produto-modelo e dos veículos de aglomeração

Foi realizada a caracterização do produto-modelo e também dos veículos de aglomeração. As análises de caracterização realizadas foram: densidades aparente e acomodada, umidade, atividade de água, cor ( $L^*a^*b^*$ ), distribuição granulométrica e molhabilidade.

#### 2.2.1.1 Distribuição granulométrica por espalhamento de luz

Foi utilizado um determinador de tamanho de partículas marca Horiba, modelo LV-950 ( $25^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ ). O princípio do método é a difração a laser, sendo utilizado o módulo de dispersão seca (adaptado de Application Notes AN148 – HORIBA). Os resultados foram apresentados em relação à distribuição de tamanho, sendo que, o diâmetro considerado foi o valor referente a 90% da distribuição acumulada ( $D_{90}$ ). A polidispersidade das amostras foi determinada pelo índice span, calculado pela Equação 4.

$$Span = \frac{D_{90} - D_{10}}{D_{50}} \quad (4)$$

$D_{10}$ ,  $D_{50}$  e  $D_{90}$  representam, respectivamente, os diâmetros referentes 10, 50 e 90% da distribuição acumulada.

#### 2.2.1.2 Cor ( $L^*a^*b^*$ )

A cor instrumental foi medida por leitura direta sobre o produto utilizando um colorímetro digital portátil, marca Minolta Chroma Meter, modelo CR-410, com adaptador para materiais



granulares e em pó (acessório: CR-A50). As amostras, na temperatura de aproximadamente 25°C, foram colocadas em recipientes escuros e opacos, que não permitissem a passagem e a reflexão da luz incidente. O adaptador de matérias granulares acoplado ao colorímetro, foi inserido na amostra em pó; em seguida 10 disparos do feixe de luz foram realizados. No visor do equipamento, foram indicadas as médias e desvios padrão dos valores medidos no modo CIE (Comissão Internacional de Iluminação) L\*a\* b\*. Nesse sistema L\* indica a luminosidade da amostra, e a\* e b\* são coordenadas de cromaticidade.

### 2.2.1.3 Densidades aparente e acomodada

A densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) foi determinada utilizando proveta graduada de 1000 mL, funil e balança semi analítica. Primeiramente, com o auxílio do funil, a amostra em pó foi acondicionada na proveta até que atingisse um volume máximo de 700 mL. Em seguida, essa massa presente na proveta, foi pesada e o valor aproximado de 220 g foi obtido, servindo de referência para as demais amostras. Desta forma, os demais produtos em pó foram pesados tendo como base a massa de referência (220 g), e transferidos para a proveta, para que após a deposição do pó, o volume pudesse ser medido. As determinações foram feitas em triplicata, seguindo a Equação 1.

A densidade acomodada ( $\rho_{ac}$ ) foi avaliada medindo-se o volume ocupado por aproximadamente 220 g de pó depositado em uma proveta graduada de 1000 mL. Foram aplicadas aproximadamente 30 batidas da proveta (intensidade leve) contra uma superfície plana de material macio (borracha), até que o volume ocupado pelo pó atingisse um valor constante, o qual era utilizado no cálculo da densidade acomodada. As determinações foram feitas em triplicata, conforme a Equação 2.

$$\rho_{ap} = \frac{\text{Massa amostra}}{\text{Volume amostra}} \quad (1)$$

$$\rho_{ac} = \frac{\text{Massa amostra}}{\text{Volume amostra}} \quad (2)$$

### 2.2.1.4 Atividade de água

Utilizou-se nesta determinação o equipamento Decagon Devices, modelo Aqualab 4TEV. As medidas foram feitas após homogeneização das amostras. Cada tipo de produto em pó foi acondicionado em 3 cápsulas, de forma a cobrir o fundo e não ultrapassar a metade do volume das mesmas. O conteúdo do pó foi espalhado nas cápsulas, havendo o cuidado para que não houvesse





resíduos mínimos dos produtos na parte superior e nas laterais. De cada cápsula foi obtida 1 leitura; portanto, ao final das medidas, cada amostra tinha 3 leituras de atividade de água.

Após a etapa de acondicionamento das amostras nas cápsulas, as mesmas foram colocadas em uma câmara do analisador de atividade de água, visando à estabilização da temperatura para a leitura. A leitura de atividade de água foi realizada à temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

### 2.2.1.5 Umidade

Para a determinação de umidade, primeiramente pesou-se em balança analítica as cápsulas de alumínio até obter peso constante; com o auxílio de uma espátula, aproximadamente 2 g de amostra homogeneizada foi pesada e acondicionada nas cápsulas; posteriormente com o auxílio de uma pinça tenaz, as amostras foram retiradas da balança e foram levadas a uma estufa de circulação forçada a  $105^{\circ}\text{C}$ , aonde foram mantidas até apresentar peso constante (aproximadamente 16 horas). As cápsulas foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador até atingirem temperatura ambiente; as amostras foram pesadas novamente para a obtenção da diferença correspondente a matéria seca. Esta determinação foi realizada em triplicata e os resultados foram expressos em porcentagem, seguindo a Equação 3 (AOAC, 1995).

$$\text{Umidade} = \frac{\text{Peso amostra úmida} - \text{Peso amostra seca}}{\text{Peso amostra úmida}} \times 100 \quad (3)$$

### 2.2.1.6 Molhabilidade

A molhabilidade antes e após a aglomeração com vapor foi avaliada adaptando-se o método utilizado por Hla e Hoge Kamp (1999), sendo considerada como o tempo necessário para que 2,0 g de pó depositado na superfície do líquido estivessem completamente umedecidos em 400 ml de água destilada, a  $25^{\circ}\text{C}$ . Para a determinação da molhabilidade foram avaliadas dez amostras.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Distribuição granulométrica

Os resultados da distribuição granulométrica dos produtos são apresentados na Tabela 1 (diâmetros médios e índice de polidispersidade ou span). Através de testes experimentais, para que não houvesse perdas excessivas do material a ser avaliado, utilizou-se a peneira de  $420\ \mu\text{m}$  visando padronizar o tamanho das partículas dos produtos. Como critério para a escolha da abertura desta peneira, foi considerado o  $D_{90}$ .



**Tabela 1.** Distribuição do tamanho, expressa em diâmetro médio das partículas de cada produto, onde D10, D50 e D90 representam respectivamente os diâmetros referentes a 10, 50 e 90% da distribuição acumulada, o índice de polidispersidade SPAN.

AMOSTRA	D <sub>10</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>90</sub>	SPAN
Proteína de ervilha	35,93±0,28	91,86±0,67	417,93±130,24	4,15±1,38
Açúcar extra fino	21,60±0,62	113,68±4,02	630,35±51,00	5,36±0,51
Maltodextrina	17,02±0,24	68,71±1,29	479,99±40,43	6,74±0,57
Colágeno	43,84±1,32	123,93±2,00	371,99±185,85	2,6±92,3
Gelatina	134,38±9,55	353,71±7,40	670,63±11,88	1,52±0,03
Lecitina	110,50±5,08	330,11±3,71	530,13±30,82	3,27±0,17

### 3.2 Caracterização do produto-modelo e dos veículos de aglomeração

Na Tabela 2 são apresentados os dados obtidos através das análises de caracterização (cor – L, a\*, b\*; densidades aparente e acomodada, atividade de água, umidade e molhabilidade) do produto-modelo, dos veículos e dos produtos aglomerados.

Com relação a determinação de cor, verificou-se que entre os produtos estudados, o veículo de aglomeração lecitina, levou ao escurecimento do produto-modelo após aglomeração com vapor; para os demais, as alterações de cor observadas foram pequenas.

Os resultados observados das densidades aparente e acomodada, denotam o que já é estabelecido sobre o processo de aglomeração com vapor, ou seja, de que há uma diminuição das densidades, devido ao aumento do volume do pó com a formação dos grânulos porosos.

Com relação a umidade e a atividade de água, tanto o produto-modelo quanto os veículos, apresentaram valores baixos, adequados para produtos em pó. Os produtos com açúcar extra fino na composição apresentaram teores de umidade bastante baixos (1,44±0,19% a 4,06±0,32%), isso deve-se ao fato de que, o açúcar extra fino apresenta teor de umidade inicial por volta de 0,06%.

De acordo com os resultados, verifica-se que a proteína de ervilha pura apresenta tempo de molhabilidade de 12,08±2,91s e a proteína aglomerada de 15,28±1,68s, mostrando que o processo de aglomeração com vapor não melhorou a molhabilidade. Os tempos de molhabilidade dos veículos foram pequenos (colágeno: 1,32±0,22s; açúcar extra fino: 4,84±0,74s; maltodextrina: 9,70±2,35s), comparados com os tempos medidos para os veículos gelatina e lecitina, que apresentaram molhabilidades de 15,28±1,68s e 923,76±9,14s, respectivamente.

Quando a maltodextrina foi utilizada como veículo de granulação, somente a partir de 25% na composição das misturas com a proteína, é que se obtém tempos de molhabilidade baixos (de



**12º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2018**  
**01 a 03 de agosto de 2018 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-145-5**

0,42±0,05s a 1,46±0,28s), enquanto a proporção de 15% em mistura com o isolado de ervilha apresenta tempos mais elevados de molhabilidade (9,56±5,37s). Da mesma forma, para o veículo de granulação açúcar extra fino, a proporção de 25% na mistura com a proteína leva a tempos de molhabilidade de 0,62 ± 0,05, quando a proporção passa a ser de 50% nas misturas, os tempos de molhabilidade diminuem para 0,32±0,05s a 0,47±0,07s, e quando a proporção é de 75% de açúcar os tempos variam de 0,33±0,02s a 0,53±0,05s, portanto a adição de açúcar extra fino é vantajosa, até a proporção de 50%. O colágeno como veículo de aglomeração apresentou resultados satisfatórios, porém o açúcar foi o que mostrou menores tempos de molhabilidade. A lecitina também apresentou resultados satisfatórios como veículo de aglomeração (tempos variando de 0,48±0,09s a 0,64±0,06s); e a gelatina em ambas as proporções, obteve tempos de molhabilidade por volta de 5s (superior aos veículos açúcar extra fino, maltodextrina e colágeno).

**Tabela 2.** Caracterização do produto-modelo, dos veículos e dos produtos aglomerados.

Produto	Cor			ρ ap (g/mL)	ρ ac (g/mL)	Atividade de Água	Umidade (%)	Molhabilidade (s)
	L	a*	b*					
Proteína de Ervilha pura	80,73 ± 0,58	3,15 ± 0,13	22,54 ± 0,26	0,34 ± 0,01	0,42 ± 0,02	0,44 ± 0,00	6,28 ± 0,07	12,08 ± 2,91
Maltodextrina	97,13 ± 0,70	- 0,55 ± 0,05	3,00 ± 0,04	0,47 ± 0,01	0,60 ± 0,00	0,48 ± 0,00	6,27 ± 0,02	9,70 ± 2,35
Açúcar Extra Fino	94,10 ± 0,68	0,36 ± 0,06	3,75 ± 0,24	0,53 ± 0,03	0,70 ± 0,01	0,58 ± 0,01	0,06 ± 0,02	4,84 ± 0,74
Colágeno	93,86 ± 0,80	-1,45 ± 0,07	14,54 ± 0,26	0,47 ± 0,01	0,55 ± 0,01	0,48 ± 0,00	9,94 ± 0,28	1,32 ± 0,22
Lecitina	75,99 ± 0,77	5,27 ± 0,06	31,53 ± 1,35	0,50 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,38 ± 0,00	1,29 ± 0,07	923,76 ± 9,14
Gelatina	82,70 ± 0,77	1,19 ± 0,26	24,47 ± 0,60	0,67 ± 0,02	0,73 ± 0,00	0,38 ± 0,00	10,13 ± 0,14	15,28 ± 1,68
Proteína de ervilha aglomerada	81,26 ± 0,54	2,83 ± 0,14	23,99 ± 0,20	0,36 ± 0,00	0,46 ± 0,00	0,45 ± 0,01	4,76 ± 2,19	14,90 ± 0,56
Proteína + maltodextrina (15%) + GQ	81,57 ± 0,53	2,74 ± 0,12	23,79 ± 0,13	0,33 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,38 ± 0,00	5,30 ± 0,30	9,56 ± 5,37
Proteína + maltodextrina (25%) + GQ	81,64 ± 0,12	2,74 ± 0,05	24,01 ± 0,10	0,30 ± 0,00	0,39 ± 0,01	0,38 ± 0,01	5,61 ± 0,48	0,73 ± 0,06
Proteína + maltodextrina (50%) + GQ	80,85 ± 0,26	3,03 ± 0,11	22,91 ± 0,14	0,25 ± 0,00	0,29 ± 0,00	0,39 ± 0,00	6,18 ± 0,21	1,46 ± 0,28
Proteína + maltodextrina (50%) + GC	83,56 ± 0,12	2,46 ± 0,04	20,10 ± 0,15	0,35 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,38 ± 0,00	5,61 ± 0,46	1,08 ± 0,15
Proteína + maltodextrina (50%) + GT	83,41 ± 0,20	2,34 ± 0,07	21,69 ± 0,21	0,30 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,38 ± 0,01	6,04 ± 0,17	0,42 ± 0,05
Proteína + maltodextrina (75%) + GQ	83,60 ± 0,63	2,27 ± 0,17	19,88 ± 0,52	0,27 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,40 ± 0,02	6,02 ± 0,16	1,51 ± 0,37
Proteína + maltodextrina (75%) + GC	85,66 ± 0,20	1,93 ± 0,05	17,76 ± 0,21	0,30 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,43 ± 0,00	6,32 ± 0,27	0,46 ± 0,07
Proteína + maltodextrina (75%) + GT	85,75 ± 0,15	1,71 ± 0,05	18,95 ± 0,15	0,28 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,41 ± 0,03	6,33 ± 0,19	0,46 ± 0,07
Proteína + açúcar (25%) + GQ	80,56 ± 0,09	3,11 ± 0,03	23,38 ± 0,08	0,29 ± 0,00	0,37 ± 0,01	0,39 ± 0,01	4,06 ± 0,32	0,62 ± 0,05
Proteína + açúcar (50%) + GQ	79,75 ± 0,62	3,45 ± 0,22	23,39 ± 0,23	0,30 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,44 ± 0,01	2,72 ± 0,17	0,47 ± 0,05
Proteína + açúcar (50%) + GC	80,61 ± 0,80	3,27 ± 0,28	22,97 ± 0,37	0,31 ± 0,00	0,38 ± 0,01	0,42 ± 0,00	2,93 ± 0,24	0,47 ± 0,07
Proteína + açúcar (50%) + GT	80,94 ± 0,71	3,19 ± 0,29	23,18 ± 0,37	0,35 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,47 ± 0,00	3,34 ± 0,10	0,32 ± 0,05
Proteína + açúcar (75%) + GQ	81,72 ± 0,43	2,80 ± 0,13	20,91 ± 0,26	0,34 ± 0,00	0,38 ± 0,01	0,47 ± 0,01	1,44 ± 0,19	0,39 ± 0,11
Proteína + açúcar (75%) + GC	83,05 ± 0,91	2,48 ± 0,28	20,40 ± 0,43	0,37 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,48 ± 0,01	1,51 ± 0,07	0,33 ± 0,02
Proteína + açúcar (75%) + GT	86,50 ± 0,20	1,55 ± 0,06	17,39 ± 0,28	0,45 ± 0,02	0,60 ± 0,02	0,41 ± 0,00	1,60 ± 0,07	0,53 ± 0,05
Proteína + colágeno (25%) + GQ	82,15 ± 0,08	2,60 ± 0,03	23,78 ± 0,09	0,31 ± 0,01	0,40 ± 0,00	0,33 ± 0,01	5,79 ± 0,70	0,89 ± 0,08
Proteína + colágeno (50%) + GQ	82,68 ± 0,17	2,47 ± 0,07	23,32 ± 0,15	0,26 ± 0,00	0,32 ± 0,01	0,34 ± 0,01	6,14 ± 0,09	0,48 ± 0,13
Proteína + colágeno (50%) + GC	83,37 ± 0,16	2,27 ± 0,07	22,24 ± 0,16	0,33 ± 0,00	0,43 ± 0,01	0,33 ± 0,01	6,13 ± 0,10	0,66 ± 0,09
Proteína + colágeno (50%) + GT	84,81 ± 0,06	1,90 ± 0,02	20,71 ± 0,13	0,36 ± 0,00	0,49 ± 0,00	0,29 ± 0,01	5,83 ± 0,31	1,50 ± 0,21
Proteína + colágeno (75%) + GQ	83,50 ± 0,30	2,20 ± 0,10	21,69 ± 0,29	0,22 ± 0,00	0,28 ± 0,01	0,32 ± 0,00	6,60 ± 0,32	0,60 ± 0,05
Proteína + colágeno (75%) + GC	84,99 ± 0,54	1,76 ± 0,19	21,27 ± 0,60	0,29 ± 0,00	0,41 ± 0,01	0,31 ± 0,01	7,25 ± 0,19	0,63 ± 0,07
Proteína + colágeno (75%) + GT	86,22 ± 0,07	1,47 ± 0,02	19,77 ± 0,11	0,33 ± 0,00	0,46 ± 0,01	0,28 ± 0,02	6,30 ± 0,20	1,12 ± 0,23
Proteína + lecitina (25%) + GQ	79,58 ± 0,09	3,55 ± 0,04	25,34 ± 0,12	0,29 ± 0,00	0,39 ± 0,01	0,43 ± 0,00	6,07 ± 0,73	0,64 ± 0,06
Proteína + lecitina (50%) + GQ	77,78 ± 0,14	4,21 ± 0,05	27,92 ± 0,13	0,24 ± 0,00	0,35 ± 0,01	0,46 ± 0,00	5,57 ± 0,12	0,48 ± 0,09
Proteína + gelatina (25%) + GQ	80,50 ± 0,10	3,09 ± 0,03	23,19 ± 0,15	0,40 ± 0,00	0,52 ± 0,00	0,34 ± 0,00	6,46 ± 0,26	5,54 ± 0,78
Proteína + gelatina (50%) + GQ	80,18 ± 0,06	3,11 ± 0,03	23,49 ± 0,09	0,45 ± 0,00	0,57 ± 0,01	0,35 ± 0,01	7,74 ± 0,52	5,63 ± 0,67

GQ: formato quadrado, GC: formato circular e GT: formato triangular.

As telas acopladas ao aglomerador com vapor com diferentes formatos, influenciaram na aparência dos produtos formados após a aglomeração, sendo que os produtos com açúcar extra fino



na composição, foram os que apresentaram, tamanho e formato similar a conformação das telas estudadas. Além disso, estes produtos mostraram maior resistência mecânica à quebra, ou seja, são mais firmes que o grânulo compostos somente por proteína ou obtidos pela mistura da proteína com os demais veículos.

#### 4. CONCLUSÃO

O processo de aglomeração com vapor não levou a uma melhoria da molhabilidade do produto-modelo estudado. Foi necessária a mistura de proteína de ervilha com os veículos de aglomeração, de forma a se obter produtos granulados. Dentre os veículos testados, o açúcar extra fino foi o que teve melhor desempenho. As telas acopladas ao aglomerador com vapor com diferentes formatos, influenciaram na aparência dos produtos formados após a aglomeração, sendo que os produtos com açúcar extra fino na composição, foram os que apresentaram, tamanho e formato similar a conformação das telas estudadas.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa, ao ITAL pela oportunidade de realização do projeto, à minha orientadora, aos pesquisadores colaboradores envolvidos e às empresas que forneceram as matérias-primas utilizadas no estudo.

#### 6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, W.M.C.; BORGIO, L.A.; ARAÚJO, H.M.C. Aspectos da química e da funcionalidade das substâncias químicas presentes nos alimentos. In: ARAÚJO, W.M.C.; MONTEBELLO, N.P.; BOTELHO, R.B.A.; BORGIO, L.A. (Ed.) **Alquimia dos Alimentos**. Brasília, DF: Universidade de Brasília/SENAC, 2008. 557 p.
- Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16 ed. Washington: AOAC, 1995. 2v.
- HLA, P.; HOGEKAMP, S. Wetting behaviour of instantized cocoa beverage powders. **International journal of food science & technology**, v. 34, n. 4, p. 335-342, 1999.
- HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H.; WOLF, S. Steam jet agglomeration of water-soluble material. **Powder Technology**, v. 86, n. 1, p. 49-57, 1996.
- MAIA, A. B. R.; GOLGHER, M. Parâmetros para avaliação da qualidade de reconstituição do leite em pó desidratado em secador de aspersão ("Spray-Drier"). **Boletim SBCTA**, v. 17, n. 3, p. 235-254, 1983.
- PERRONI, C. Proteínas de arroz e ervilha surgem como opções para os vegetarianos. Disponível em: <<http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/nutricao/noticia/2015/04/proteinas-de-arroz-e-ervilha-surgem-como-opcoes-para-os-vegetarianos.html>>. Acesso em: 26 junho de 2018.
- SALAZAR, J. Aspectos gerais sobre a produção de leite em pó instantâneo. **Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"**, v. 34, n. 204, p. 15-25, 1979.
- SCHUBERT, H. Instantization of powdered food products. **International Chemical Engineering**, v. 33, n. 1, p. 27-45, 1993.
- ZEGLER, J. Tendências globais de alimentos e bebidas 2017: O que se passou ? Disponível em: <<http://brasil.mintel.com/blog/noticias-mercado-alimentos-bebidas/tendencias-globais-em-alimentos-e-bebidas-2017-o-que-se-passou>>. Acesso em: 26 junho 2018.