

VITOR ALLEDI DA ROCHA

**APLICABILIDADE DE EMULGÉIS NA FORMULAÇÃO DE SOBREMESAS
LÁCTEAS CONTENDO PIROFOSFATO FÉRRICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Eduardo Basílio de Oliveira

Coorientadores: Frederico Augusto R. de Barros
Jane Sélia dos Reis Coimbra
Márcia Cristina T. R. Vidigal

VIÇOSA - MINAS GERAIS

2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R672a
2019

Rocha, Vitor Alledi da, 1991-
Aplicabilidade de emulgéis na formulação de sobremesas
lácteas contendo pirofosfato férrico / Vitor Alledi da Rocha. –
Viçosa, MG, 2019.
129f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Eduardo Basílio de Oliveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Ferro. 3. Sobremesas.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Tecnologia
de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos. II. Título.

CDD 22 ed. 664

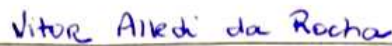
VITOR ALLEDI DA ROCHA

**APLICABILIDADE DE EMULGÉIS NA FORMULAÇÃO DE SOBREMESAS
LÁCTEAS CONTENDO PIROFOSFATO FÉRRICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de julho de 2019.

Assentimento:



Vitor Alledi da Rocha

Autor



Eduardo Basílio de Oliveira
Orientador

*Ao meu pai Genil, à minha mãe Maria Angela, às
minhas irmãs Amanda, Mila e Poliana e aos meus
sobrinhos, Artur, Davi e Laura, com muito amor e
carinho, dedico!*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) pela oportunidade e pelos recursos investidos durante o curso.

Aos meus pais Genil (*in memorian*) e Maria Angela, pelo amor incondicional e incentivo constante.

Às minhas irmãs Amanda, Mila e Poliana pelo amor, amizade e companheirismo.

Ao professor Eduardo Basílio de Oliveira (DTA), por toda orientação profissional, por compartilhar seus conhecimentos científicos e pela sua compreensão e confiança.

Aos professores Frederico Augusto Ribeiro de Barros (DTA) e Márcia Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal (DTA), pelos ensinamentos e pela preciosa colaboração como coorientadores desse trabalho.

À professora Erica Nascif Rufino Vieira (DTA) por gentilmente avaliar e colaborar com esse trabalho.

Aos professores Eber Antonio Alves Medeiros (DTA), Mônica Ribeiro Pirozi (DTA) e Valéria Paula Rodrigues Minim (DTA) que gentilmente disponibilizaram a estrutura e equipamentos alocados nos laboratórios por eles coordenados.

Aos amigos do Laboratório de Operações e Processos (LOP) e Laboratório de Estudos de Materiais Alimentares (LEMA), pela amizade, ajuda e apoio.

À empresa Fino Alimentos por, gentilmente, fornecer materiais que viabilizaram a realização do projeto.

Aos demais amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

ROCHA, Vitor Alledi da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Aplicabilidade de emulgéis na formulação de sobremesas lácteas contendo pirofosfato férrico.** Orientador: Eduardo Basílio de Oliveira. Coorientadores: Frederico Augusto Ribeiro de Barros, Jane Sélia dos Reis Coimbra e Márcia Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal.

A fortificação de alimentos com o mineral ferro é um desafio para a indústria de alimentos, pois esse composto pode causar alterações na cor, textura e principalmente no sabor, devido ao sabor metálico facilmente detectável pelos consumidores. Neste contexto, esse trabalho teve como objetivo estudar a aplicação de um sistema híbrido, que combina géis e emulsões, os emulgéis, adicionados de pirofosfato férrico, e avalia-los quanto a cor, textura, percepção e aceitabilidade sensorial na formulação de sobremesas lácteas do tipo flan. Seguiu-se uma ordem de complexidade até se chegar ao produto final, hidrogéis, emulgéis e flans. Para a caracterização instrumental, foram desenvolvidos seis tratamentos, com diferentes tipos de amido e presença ou ausência de gelatina. A caracterização mecânica foi avaliada por ensaios dinâmico-oscilatórios e análise do perfil de textura (TPA). A cor instrumental dos flans foi avaliada no primeiro e trigésimo dia após o preparo. Para a análise sensorial dos produtos formulados, seis novas formulações contendo pirofosfato férrico na fase dispersa dos emulgéis foram preparadas, totalizando doze formulações, que foram avaliadas por 87 consumidores pelo teste descritivo RATA e teste de aceitação. Os resultados obtidos na caracterização mecânica mostraram que os hidrogéis e flans comportavam-se como “géis fortes”, enquanto os emulgéis como “géis fracos”. A adição de gelatina reforçou a rede gelificada e aumentou as características elásticas dos sistemas. Os flans foram caracterizados quanto a cor como branco-amarelados por possuírem altos valores de L^* e predominância da componente amarela (b^*) sobre a verde (a^*), houve diferença significativa nesses valores durante o período de estocagem. No teste RATA, foi possível observar a formação de quatro grupos distintos. No teste de aceitação as formulações foram avaliadas entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” e flans contendo pirofosfato férrico não diferiram estatisticamente dos flans contendo somente amido, demonstrando que os flans formulados com emulgéis contendo pirofosfato férrico podem ser uma alternativa prazerosa aos métodos comumente utilizados na fortificação de alimentos ou suplementação para o aumento da ingestão de ferro na dieta. Diante disso, qualquer um dos amidos poderia ser usado na formulação de flans, não sendo necessário a adição de gelatina, reduzindo custos de produção.

Palavras-chave: Fortificação. Emulgel. Pirofosfato férrico. Flan. Rate-all-that-apply.

ABSTRACT

ROCHA, Vitor Alledi da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Applicability of emulgels in formulation of milk desserts containing ferric pyrophosphate.** Advisor: Eduardo Basílio de Oliveira. Co-advisors: Frederico Augusto Ribeiro de Barros, Jane Sélia dos Reis Coimbra and Márcia Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal.

Fortifying food with iron mineral is a challenge for the food industry as it can cause changes in color, texture and especially taste due to the easily detectable metallic taste of consumers. In this context, this work aimed to study the application of a hybrid system, which combines gels and emulsions, the emulgels, added with ferric pyrophosphate, and evaluate them for color, texture, perception and sensory acceptability in the formulation of dairy desserts like flan. An order of complexity followed until the final product, hydrogels, emulgels and flans. For the instrumental characterization, six treatments were developed, with different starch types and presence or absence of gelatin. Mechanical characterization was evaluated by dynamic oscillatory tests and texture profile analysis (TPA). The instrumental color of the flans was evaluated on the first and thirtieth day after preparation. For the sensory analysis of the formulated products, six new formulations containing ferric pyrophosphate in the dispersed phase of the emulsions were prepared, totaling twelve formulations, which were evaluated by 87 consumers by the descriptive test RATA and acceptance test. The results obtained in the mechanical characterization showed that hydrogels and flan-like desserts behaved as "strong gels", while emulgels behaved as "weak gels". The addition of gelatin strengthened the gelled network and increased the elastic characteristics of the systems. The flans were characterized by color as yellowish-white because they had high values of L^* and predominance of the yellow component (b^*) over green (a^*), there was a significant difference in these values during the storage period. In the RATA test, it was possible to observe the formation of four distinct groups. In the acceptance test the formulations were evaluated between the hedonic terms "slightly liked" and "moderately liked" and flans-like desserts containing ferric pyrophosphate did not differ statistically from flans-like desserts containing only starch, demonstrating that flans formulated with emulgels containing ferric pyrophosphate may be an alternative to the methods commonly used in food fortification or supplementation to increase iron intake dietary. Therefore, any of the starches could be used in the formulation of flans, without the addition of gelatin, reducing production costs.

Keywords: Fortification. Emulgels. Pyrophosphate ferric. Flan. Rate-all-that-apply.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Referencial teórico e Estudo bibliográfico

Figura 1. Estrutura química do pirofosfato férrico (PubChem, 2019).....	19
Figura 2. Curva típica de Análise do Perfil de Textura (Bourne, 2002).....	38

Estudo experimental

Figure 1. G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (from 0.1 to 10 Hz) for starch and starch-gelatin hydrogels. G' (●), ○ (G'') and ■ ($\tan \delta$) and systems photography.	64
Figure 2. Instrumental texture profiles of hydrogels.	67
Figure 3. G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (from 0.16 to 10 Hz) for starch and starch-gelatin emulgels. G' (●), ○ (G'') and ■ ($\tan \delta$) and systems photography.....	70
Figure 4. Instrumental texture profiles of emulgels.	73
Figure 5. G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (from 0.1 to 10 Hz) for flans like-desserts. G' (●), ○ (G'') and ■ ($\tan \delta$) and systems photography.	76
Figure 6. Instrumental texture profiles of flans-like desserts.	78
Figure 7. Dispersal of flans-like dessert in relation to the first two main components (A) and correlation of the parameters of instrumental texture in relation to the first two principals components (B).....	81
Figure 8. Dispersal of the flans in relation to the first two principal components (A) and correlation of the terms most relevant descriptors in relation to the first two principal components (B).....	85
Figure 9. Percentage of approval, indifference and rejection in relation to the attributes flavor, color, texture and overall impression of flans.	88

LISTA DE TABELAS

Referencial e Estudo bibliográfico

Tabela 1. Ingestão diária recomendada (IDR) de ferro.	20
Tabela 2. Morfologia e composição de grânulos de amido de diferentes fontes botânicas.	29
Tabela 3. Definições instrumentais, físicas e sensoriais das propriedades de textura.	40

Estudo experimental

Table 1. G' and G'' values at 1 Hz frequency of hydrogels.....	65
Table 2. Texture properties of hydrogels.....	68
Table 3. Texture properties of emulgels.....	74
Table 4. G' and G'' values at 1Hz frequency for flans-like desserts.	77
Table 5. Texture properties of flans-like desserts.....	79
Table 6. Instrumental color of flans-like desserts.....	83
Table 7. Mean values and standard deviation for the sensory parameters evaluated in the acceptance test.	87
Table 8. Pearson Correlation Coefficients between instrumental color and sensory color parameters.....	91
Table 9. Pearson Correlation Coefficients between instrumental properties and sensory texture parameters.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

WS Waxy maize starch pregelatinized (~ 99% amylopectin)

SA Mix (1:1) of manioc starch and manioc starch pregelatinized (83% amylopectin)

SC Manioc starch pregelatinized (83% amylopectin)

H-WS Starch WS hydrogel

H-SA Starch SA hydrogel

H-SC Starch SC hydrogel

H-WS-G Starch WS hydrogel with gelatin

H-SA-G Starch SA hydrogel with gelatin

H-SC-G Starch SC hydrogel with gelatin

E-WS Starch WS emugel

E-SA Starch SA emugel

E-SC Starch SC emugel

E-WS-G Starch WS emulgel with gelatin

E-SA-G Starch SA emulgel with gelatin

E-SC-G Starch SC emulgel with gelatin

F-WS Starch WS flan like-desserts

F-SA Starch SA flan like-desserts

F-SC Starch SC flan like-desserts

F-WS-G Starch WS flan like-desserts with gelatin

F-SA-G Starch SA flan like-desserts with gelatin

F-SC-G Starch SC flan like-desserts with gelatin

F-WS-P Starch WS flan like-desserts with ferric pyrophosphate

F-SA-P Starch SA flan like-desserts with ferric pyrophosphate

F-SC-P Starch SC flan like-desserts with ferric pyrophosphate

F-WS-G-P Starch WS flan like-desserts with gelatin and ferric pyrophosphate

F-SA-G-P Starch SA flan like-desserts with gelatin and ferric pyrophosphate

F-SC-G-P Starch SC flan like-desserts with gelatin and ferric pyrophosphate

G' Storage modulus (Pa)

G'' Loss modulus (Pa)

γ_0 Amplitude of the deformation

ω Frequency (Hz)

TPA Texture profile analysis

L^* Luminosity

a^* Component green-red

b^* Component blue-yellow

h^* Chromatic tonality

C^* saturation index

RATA Rate-all-that-apply test

r Pearson correlation coefficient

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: Introdução Geral	13
CAPÍTULO 2: Referencial teórico e estudo bibliográfico	16
CAPÍTULO 3: A new strategy to formulate iron-fortified flans-like desserts	53
ABSTRACT	55
1 INTRODUCTION	58
2 MATERIALS AND METHODS	59
2.1 Materials	59
2.2 Systems preparation	59
2.2.1 Hydrogels	59
2.2.2 Emulgels	60
2.2.3 Flans-like desserts	60
2.3 Instrumental characterization of the systems	60
2.3.1 Rheological assays	61
2.3.2 Texture profile analysis (TPA)	61
2.3.3 Color analyses	61
2.4 Sensory evaluation	62
2.4.1 Descriptive sensory analysis – Rate-all-that-apply (RATA) test	62
2.4.2 Affective sensory analyses – Acceptance test	63
2.5 Statistical treatment of experimental data	63
3 RESULTS AND DISCUSSION	64
3.1 Hydrogels	64
3.1.1 Dynamic-oscillatory assays	64
3.1.2 Texture profile analyses	66
3.2 Emulgels	69
3.2.1 Dynamic-oscillatory assays	69
3.2.2 Texture profile analyses	72

3.3 Flans-like desserts	75
3.3.1 Dynamic-oscillatory assays	75
3.3.2 Texture profile analyses	78
3.3.3 Color instrumental analyses	82
3.3.4 Rate-all-that-apply	84
3.3.5 Acceptance test	86
3.3.6 Correlation between instrumental and sensory measures	89
4 CONCLUSION	93
REFERENCES	94
CAPÍTULO 4: Conclusão geral	98
APÊNDICES	100
ANEXOS	118

CAPÍTULO 1: Introdução Geral

Os alimentos são as principais fontes de vitaminas e minerais para o organismo, porém o seu consumo nem sempre é suficiente em qualidade e quantidade para satisfazer as necessidades fisiológicas. Nesse caso, é necessário recorrer aos suplementos e formulações alimentares adicionadas de vitaminas e minerais (PAGANINI & ZIMMERMANN, 2017). Dentre esses minerais, o ferro apresenta papel crucial no transporte de oxigênio e dióxido de carbono, na atividade de várias enzimas envolvidas na respiração celular e outras oxidases (MOLL & DAVIS, 2017). Quando a ingestão desse elemento é insuficiente, ocorre um déficit no organismo, com a consequência redução da produção de glóbulos vermelhos, o que caracteriza a anemia por deficiência de ferro ou anemia ferropriva. Calcula-se que quase dois bilhões de pessoas em todo o mundo apresentam anemia e que de 27% a 50% da população seja afetada por deficiência de ferro, acometendo principalmente gestantes, crianças menores de seis anos e camadas sociais menos favorecidas, de menor renda e desenvolvimento (BASUTKAR et al., 2019; WHO, 2017; KASSEBAUM, 2016).

O sulfato ferroso (FeSO_4) é a substância comumente utilizada na prevenção e tratamento da insuficiência de ferro e da anemia ferropriva, apresentando alta biodisponibilidade, custo relativamente acessível (em média R\$ 1185,00/kg¹) e solubilidade em formulações de base aquosa. Entretanto, se consumido em excesso (principalmente por indivíduos mais sensíveis), pode gerar efeitos adversos, tais como dor abdominal, diarreia, vômitos e constipação, que ocasionam o abandono do tratamento (MOLL & DAVIS, 2017). Outro composto também passível de uso para o mesmo fim é o pirofosfato férrico ($\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$), que é pouco solúvel em meios aquosos, custo também acessível (R\$ 2.178,00/kg¹), porém com biodisponibilidade menor. O $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$ é utilizado na fortificação de alimentos, principalmente em formulações em pó e de cereais. Comparado ao FeSO_4 , o $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$ tem como atrativo menor potencial de alteração das características sensoriais (cor, sabor e rancidez), durante a estocagem ou preparação (FIDLER et al., 2004; SAKAGUCHI ET AL., 2004; WHO, 2008).

O desenvolvimento de novas formulações alimentares contendo ferro, que minimizem os efeitos colaterais eventuais decorrentes do consumo desse elemento, bem como com atributos sensoriais atrativos constitui uma importante e estratégica subárea de pesquisa aplicada em Tecnologia de Alimentos. Em particular, é de grande relevância o estudo de sistemas coloidais que possam carrear, e proteger o elemento Fe, e mascarar o seu sabor “metálico”.

¹ Fonte: Sigma Aldrich. Acesso em 7 de outubro de 2019.

Géis e emulsões são sistemas coloidais, no primeiro há uma fase contínua sólida, frequentemente auto-sustentável, com a fase líquida (geralmente aquosa) dispersa nos interstícios, já no segundo, ambas as fases (contínua e dispersa) são líquidas, mas com polaridades diferentes, de modo que são imiscíveis. Os géis possuem uma grande limitação de carrear compostos pouco hidrofílicos. Já as emulsões são altamente instáveis cineticamente e termodinamicamente. Para superar estas limitações, utilizam-se estratégias baseadas na elaboração de sistemas híbridos combinando géis e emulsões. A presença de um agente gelificante na fase aquosa contínua permite converter uma emulsão clássica em um “emulgel” (BONACUCINA et al., 2009).

Dessa forma, pode-se hipotetizar que o uso de emulgéis potencializa a inclusão de sais de ferro, como por exemplo o $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$, em uma fase líquida não aquosa, para posterior emulsificação e gelificação, permitindo a veiculação de um composto pouco hidrossolúvel em produtos com textura similar à de géis na formulação de alimentos (PANWAR, 2011). Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo produzir e caracterizar sobremesas tipo flan preparadas a partir de emulgéis contendo $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$, utilizando como agente gelificante amidos pré-gelatinizados (o que permitiu a aplicação dos mesmos processos para todos os tratamentos) e a substituição parcial destes por gelatina, sendo esses biopolímeros de baixo custo, atóxicos e amplamente aplicáveis nas formulações de alimentos. A escolha dos flans deu-se ao fato de serem mundialmente conhecidos, geralmente apreciados em diferentes países, e facilmente mastigáveis por crianças e idosos. A caracterização dos produtos foi realizada em termos de propriedades reológicas e texturais, avaliação de cor e duas abordagens sensoriais: teste RATA e teste de aceitação.

CAPÍTULO 2: Referencial teórico e estudo bibliográfico

1 Ferro

Quimicamente, o ferro é classificado como um metal de transição e pode existir em dois estados redox intercambiáveis: a forma reduzida, ferro ferroso (Fe^{2+}) e a forma oxidada, ferro férrico (Fe^{3+}), sendo este último o mais estável na maioria dos complexos biológicos contendo oxigênio (TANDARA & SALAMUNIC, 2012). Devido à sua capacidade de receber e doar elétrons, este mineral é imprescindível para diversas reações biológicas, apresentando papel crucial no transporte do oxigênio e dióxido de carbono, e nas enzimas envolvidas no processo de respiração celular (MOLL & DAVIS, 2017).

A maior parte do ferro encontrado nas dietas tradicionais é o ferro não-heme (inorgânico), na forma oxidada (Fe^{3+}). Sua absorção ocorre principalmente em qualquer porção do intestino, mas é mais eficiente no duodeno. A DMT-1, uma proteína, situada na membrana apical dos enterócito duodenais é responsável por transportar o ferro para o interior do mesmo. Para que esse transporte ocorra, é necessário que o ferro, normalmente em sua forma oxidada (Fe^{3+}) seja convertido a Fe^{2+} , o que é mediado pela enzima redutase Dcytb ou por outros agentes redutores, como o ácido ascórbico. Já o ferro heme, antes de ser captado pelas células da mucosa intestinal, deve atravessar a camada do muco. Por ser mais solúvel no estado ferroso, o Fe^{2+} atravessa a camada de muco mais rápido que o Fe^{3+} e alcança o duodeno mais facilmente (COSTA & MARTINO, 2011). Após adentrar a célula epitelial pela membrana apical, o ferro pode ser armazenado na forma de ferritina ou transportado para a circulação através da membrana basolateral (TANDARA & SALAMUNIC, 2012).

O ferro é exportado da célula para o plasma pela ferroportina que, assim como a DMT-1, realiza o transporte de ferro apenas na forma Fe^{2+} . Porém, já na corrente sanguínea, a transferrina possui afinidade eletrostática apenas pelo ferro na forma férrica (Fe^{3+}), fazendo-se necessário que o Fe^{2+} seja oxidado a Fe^{3+} . Uma oxidase, a hefaestina, promove essa reação de oxidação. A transferrina é responsável pelo transporte do ferro pelo sangue até os tecidos, fornecendo solubilidade ao mesmo, reduzindo sua reatividade e, portanto, “entregando” os cátions de ferro de forma eficaz a todas as células do corpo. O ferro é estocado nas células reticuloendoteliais do fígado, baço e medula óssea, nas formas de ferritina (forma solúvel de armazenamento) e hemossiderina (DIAS et al., 2015).

No organismo os problemas relacionados ao ferro são referentes à sua deficiência ou ao seu excesso. Destes, os mais importantes, devido à maior incidência, são a deficiência e a anemia por deficiência de ferro (anemia ferropriva). Trata-se de um dos maiores problemas de

saúde pública no mundo e são decorrentes, principalmente, da ingestão insuficiente de ferro, que está presente em alimentos de origem animal, como carnes, aves e frutos do mar e de origem vegetal como chá preto, cacau, cereais, frutas secas e outros (WHO, 2008; LOPEZ et al., 2016; MOLL & DAVIS, 2017). A carência de ferro pode ser devido a perdas excessivas (hemorragias digestivas, hemorroidas, ulcerações digestivas), má absorção (diarreias, gastrectomia) ou, ainda, a dieta diária insuficiente, causada por alimentação abundante em gorduras, farinhas brancas e açúcar refinado, todos pobres em ferro. O déficit de ferro ocasiona diminuição da imunidade fisiológica e, conseqüentemente, menor resistência às infecções, além de alteração das estruturas epiteliais (CARVALHO et al., 2006).

O sulfato ferroso (FeSO_4) é a substância “padrão” comumente utilizada na prevenção e tratamento da deficiência e/ou anemia ferropriva, por apresentar alta disponibilidade e custo acessível (em média R\$ 1185,00/kg²). Entretanto, é instável e pode apresentar efeitos adversos tais como dor abdominal, diarreia, vômitos e constipação, que ocasionam frequentemente o abandono do tratamento (MOLL & DAVIS, 2017). Alterações sensoriais são comuns quando sais de ferro são adicionados nos alimentos. Compostos de ferro com alta solubilidade e biodisponibilidade, como o sulfato ferroso, gluconato de ferro, fumarato ferroso e outros (DAMORADAN et al., 2010), podem causar mudanças de cor e sabor em diversos veículos alimentares, mesmo a concentrações muito baixas, induzindo a rancidez oxidativa perceptível aos consumidores. Para esses sais de ferro solúveis em água, ainda é possível ter baixa disponibilidade absoluta. Íons de ferro podem formar vários sais (por exemplo, hidróxidos ou óxidos de ferro) no intestino delgado a um pH entre 5 e 7,5 (HURRELL, 2002; SOHI et al., 2004; PRIPP et al., 2005). Além disso, a fonte mineral de ferro solúvel pode formar complexos insolúveis no trato gastrointestinal com outras espécies, como os polifenóis através interação entre os grupos hidroxilas e a molécula de ferro, inibindo significativamente a absorção de ferro no corpo humano ou com proteínas, ocasionando a precipitação dessas moléculas (PETRY, 2013; HURRELL, 2007).

2 Pirofosfato férrico

O pirofosfato férrico ($\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$) é um composto pouco solúvel em água, possui coloração branca, custo acessível (em média R\$ 2178,00/kg²) e afeta pouco as propriedades sensoriais dos alimentos fortificados. A estrutura química do pirofosfato férrico pode ser observada na Figura 1.

² Fonte: Sigma Aldrich. Acesso em 7 de outubro de 2019.

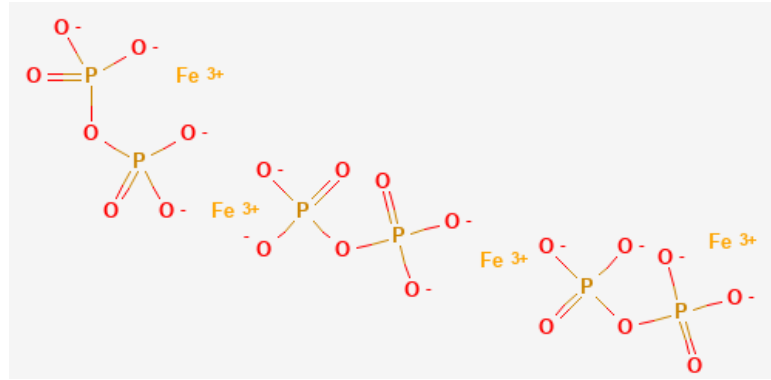


Figura 1. Estrutura química do pirofosfato férrico (PubChem, 2019).

O $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$ tem potencial de aplicabilidade em formulações alimentares, com biodisponibilidade geralmente aceitável, mas não ideal. Como possui biodisponibilidade de apenas 50% quando comparado ao sulfato ferroso, a FAO e OMS recomendam dobrar a dose de pirofosfato férrico para atender os requisitos de ingestão diária de ferro (FIDLER et al., 2004; SAKAGUCHI et al., 2004; WHO, 2008).

Apesar disso, a eficácia do pirofosfato férrico para reduzir a anemia ferropriva foi demonstrada em vários ensaios clínicos (ZIMMERMANN et al., 2004; WEGMULLER et al., 2006; MORETTI et al., 2006; BLANCO-ROJO et al., 2011). Existem potenciadores da biodisponibilidade de ferro do pirofosfato férrico, um destes é o ácido ascórbico, que mostrou aumentar esses valores (FIDLER et al., 2004). Todavia, seu uso em alimentos fortificados, geralmente cozidos, é limitado por causa da sua susceptibilidade de oxidação a compostos inativos quando expostos ao ar ou durante o tratamento térmico (HURRELL et al., 2004). A adição de agentes complexantes, como o EDTA, também demonstrou potencial para melhorar a biodisponibilidade absoluta de fontes de ferro insolúveis, minimizando a reação entre íons de ferro e inibidores de absorção (CHO et al., 2002).

Quando a taxa de dissolução desses compostos férricos é suficientemente rápida, assegurada pela diminuição do tamanho da partícula, a bioacessibilidade e biodisponibilidade do pirofosfato férrico podem ser aumentadas para níveis comparáveis aos do sulfato ferroso (FIDLER et al., 2004; WEGMULLER et al., 2004; KANDORI et al., 2006; ROHNER et al., 2007; HILTY et al., 2010; ZIMMERMANN & HILTY, 2011). Embora esta abordagem seja conhecida por fornecer uma boa biodisponibilidade, comparável a das fontes de ferro solúveis, o custo mais elevado do processo de síntese de partículas coloidais limita sua aplicação, principalmente em países em desenvolvimento (FIDLER et al., 2004; WEGMULLER et al., 2004).

3 Fortificação de alimentos

Considera-se alimento fortificado/enriquecido todo alimento ao qual for adicionado um ou mais nutrientes essenciais, tais como vitaminas, minerais e ou aminoácidos. O objetivo desta adição deve ser o de reforçar o seu valor nutritivo em um ou mais nutrientes, na alimentação da população ou em grupos específicos da mesma. A diferença entre alimento adicionado de nutrientes e alimento enriquecido ou fortificado está no percentual à Ingestão Diária Recomendada (IDR) do nutriente adicionado, ou seja, os valores médios de nutrientes que devem ser ingeridos diariamente para manutenção, crescimento e desenvolvimento do organismo. Alimentos adicionados de nutrientes essenciais são aqueles que, de 100 mL ou 100 g do produto pronto para o consumo, forneçam no máximo 7,5% da IDR no caso de líquidos e 15% da IDR para sólidos. Já alimentos enriquecidos ou fortificados devem fornecer no mínimo 15% da IDR para alimentos líquidos e 30% para alimentos sólidos (BRASIL, 1998).

Segundo a Resolução RDC n° 269, de 22 de setembro de 2005, referente ao regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) para proteínas, vitaminas e minerais, a ingestão diária recomendada de ferro varia de acordo com a faixa etária da população brasileira, e está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Ingestão diária recomendada (IDR) de ferro.

Nutriente	População		Valor (mg/dia)
Ferro	Adultos		14,00
	Lactentes	0-6 meses	0,27
		7-11 meses	9,00
		Crianças	1-3 anos
	4-6 anos		6,00
	7-10 anos		9,00
	Gestantes e Lactantes	Gestante	27,00
		Lactante	15,00

Fonte: Brasil (2005).

A fortificação de alimentos é muitas vezes considerada como a abordagem a longo prazo mais econômica para reduzir a deficiência de ferro. Quando comparada à suplementação, a fortificação é prevalentemente a solução mais prática, sustentável e rentável para controlar a carência de ferro (WHO, 2008; LAXMINARAYAN et al., 2006). Isso pode ser na forma de "medicação em massa", preparando alimentos como cereais, leite, sal, e condimentos que são amplamente consumidos por populações em risco e outros que têm pouca ou nenhuma necessidade de ferro extra. Alternativamente, um programa de fortificação direcionada em que

um produto alimentar consumido essencialmente por um dos grupos de risco é fortificado pode ser considerado. A principal vantagem dessa estratégia é que o consumo destes produtos fortificados não requer a participação ativa dos indivíduos e nem a mudança nos seus hábitos alimentares (TRIPATHI & PLATEL, 2011).

4 Sistemas coloidais aplicados a formulação de alimentos

Os colóides são misturas heterogêneas de pelo menos duas fases diferentes, com o material de umas das fases, denominada fase dispersa, finamente dividido e misturada em outra, denominada fase contínua. Componentes da fase dispersa apresentam pelo menos uma dimensão no intervalo de 1 a 1000 nanômetros, o que tem como consequência direta uma elevada relação área/volume de partículas. As partículas dispersas podem ter tamanhos diferentes, sendo o sistema que as contém denominado “sistema polidisperso” e os que possuem partículas de um mesmo tamanho “sistema monodisperso”. Como a área de superfície da fase dispersa é elevada devido ao pequeno tamanho das partículas, as propriedades de tensão interfacial entre as duas fases têm grande peso no comportamento termodinâmico dos diferentes sistemas coloidais. As interações que ocorrem entre a fase dispersa e contínua constituem um dos pontos críticos do comportamento e da estabilidade dos colóides. As propriedades físicas e químicas de ambas as fases controlam essas interações, incluindo as de repulsão eletrostática, atração de van der Waals, impedimento estérico e forças hidrodinâmicas (LEKKERKERKER & TUINIER, 2011).

Na maioria dos casos, os sistemas alimentares reais são coloidais, ou seja, são misturas complexas de água, biopolímeros (proteínas e polissacarídeos), ingredientes de baixo peso molecular (sais minerais, açúcar, etc.) e partículas coloidais (gotículas de óleo ou bolhas de ar) que, em conjunto, realizam as duas principais funções, nutricional e estrutural, ambas de grande importância para a qualidade dos alimentos. Conhecendo-se a relação entre a estrutura molecular dos componentes, a termodinâmica das interações entre eles e as características físico-químicas e tecnológicas dos sistemas coloidais alimentares (textura, percepção do consumidor, vida útil, sabor, digestão e propriedades nutricionais), pode-se alcançar tanto uma compreensão fundamental dos mecanismos moleculares subjacentes à formulação de alimentos, quanto formas mais racionais de criação de novos alimentos seguros e promotores de saúde (SEMENOVA, 2007).

Entretanto, a adição de micronutrientes ou componentes funcionais a produtos alimentícios podem acarretar problemas que incluem dificuldades de formulação, baixa

estabilidade, sabor, cor e textura indesejáveis do produto e redução da biodisponibilidade do componente de interesse (VELIKOV & PELAN, 2008; HUANG et al., 2010). O que torna essa problemática ainda mais desafiadora são as interações desses componentes funcionais com a matriz alimentar complexa do produto. Conseqüentemente, as indústrias alimentares têm investido em estratégias para formular alimentos funcionais com comprometimento mínimo da funcionalidade geral do produto, ou seja, conservando ao máximo a aparência, o sabor, a estabilidade, a textura e a biodisponibilidade dos compostos de interesse (PATEL & VELIKOV, 2011).

Existem basicamente duas maneiras de adicionar novos componentes a um produto: forma solúvel (como solução) e forma insolúvel (como dispersão). Se a solubilidade permitir, a adição de componentes solúveis é mais vantajosa em termos de facilidade de formulação, já que podem ser adicionados ao produto por simples dissolução, e estarão prontamente disponíveis para absorção, com melhor bioacessibilidade. Porém, a forma solúvel dá suas próprias características de sabor inerente e a reatividade química será maior, levando a interações muitas vezes indesejáveis com outros componentes do produto. Por exemplo, podem ocorrer descoloração e precipitação. A adição de uma forma insolúvel pode ser considerada para componentes passíveis a conferir sabores indesejáveis, ou ingredientes que apresentem alta reatividade química. Componentes insolúveis podem levar o produto a uma instabilidade física devido à cremeação, sedimentação e alteração da textura, o que pode acarretar mudanças na percepção visual e no sabor (PATEL & VELIKOV, 2011). Dessa forma, os sistemas coloidais de carregamento que apresentem um equilíbrio entre as características das formas solúvel e insolúvel oferecem uma alternativa promissora às práticas de formulação de alimentos (VELIKOV & PELAN, 2008).

5 Emulgel

Emulsões óleo-em-água (O/A) têm sido amplamente utilizadas em várias áreas, tais como ciência e tecnologia de alimentos, farmacêutica, cosmética e indústrias de tintas, devido à sua capacidade de transportar ou dispersar compostos hidrofóbicos em uma fase contínua (Leal-CALDERON et al., 2007; BUDAI-SZUCS, 2008). No entanto, as emulsões são sistemas termodinamicamente instáveis, e tendem a separação de fases ao longo do tempo através de vários mecanismos físico-químicos, como a coalescência, cremeação, floculação e amadurecimento de Ostwald (MCCLEMENTS, 2014).

Para contornar essa situação, uma ampla gama de tecnologias tem sido desenvolvidas para possibilitar o carregamento de moléculas lipofílicas ou pouco hidrossolúveis, como emulgéis, lipossomas, micelas de proteínas, nanopartículas, etc. Cada uma delas tem suas próprias vantagens e limitações específicas, em termos de proteção, liberação, custo relativo, status regulatório, praticidade, biodegradabilidade e biocompatibilidade (MCCLEMENTS & LI, 2010). Entre estes, os emulgéis são sistemas que permitem a estabilização e carregamento de compostos lipofílicos ou pouco hidrossolúveis em matrizes alimentares semi-sólidas.

Os emulgéis, também denominados na literatura como gel de emulsão, hidrogel de emulsão, gel preenchido de emulsão e oleogel, são definidos como semi-sólidos em que as gotículas lipídicas são dispersas e aprisionadas numa matriz gélica. Geralmente, as gotículas lipídicas emulsionadas são referidas como “enchimentos” e a fase aquosa gelificada como “matriz”. São formados por aplicação adequada de temperatura, pH, força iônica e pela adição de um agente gelificante à fase contínua, que se estrutura via zonas de junção, aprisionando as gotículas dispersas da emulsão. Emulgéis possuem as vantagens dos géis (menor instabilidade termodinâmica e cinética) e emulsões (carregamento de moléculas lipossolúveis ou pouco hidrossolúveis) (TORRES et al., 2016). Nos emulgéis, as gotículas de emulsão são adsorvidas de moléculas de emulsificantes e distribuídas heterogeneamente na matriz de gel contínua. Portanto, antes da gelificação dessa matriz, as gotículas são livres para transladar devido ao movimento browniano, podendo levar a desestabilização do sistema (RUFFIN et al., 2014; MUN et al., 2015; ZHANG et al., 2015).

A formação dos emulgéis é geralmente um processo de duas etapas. A primeira etapa é a formação de uma emulsão óleo-em-água. Durante esse processo de alto cisalhamento o tensoativo, se for uma proteína, se desdobra e expõe seus grupamentos hidrofóbicos que serão adsorvidos na superfície das gotículas de óleo, diminuindo a tensão interfacial entre as fases aquosa e lipídica, estabilizando temporariamente essas gotículas por repulsão eletrostática e/ou estérica (SALA et al., 2008; DICKINSON, 2012; KAKRAN & ANTIPINA, 2014; SARKAR & SINGH, 2016). A segunda etapa é a formação do gel em si, que é uma rede tridimensional do polímero (agente gelificante) que aprisiona as gotículas de óleo emulsionadas por gelificação da fase contínua. Isso se faz via ciclagens de temperatura, adição de sais e/ou tratamento com ácido (LOVEDAY et al., 2013).

O tratamento térmico induz desnaturação e/ou gelificação de vários biopolímeros, a transição do gel pode ser irreversível ou parcialmente reversível dependendo das interações físicas ou químicas envolvidas. A adição de sais monovalentes ou divalentes (NaCl, CaCl₂,

ZnCl₂ e MgCl₂) a uma emulsão é outra técnica que pode induzir a gelificação, denominada gelificação a frio, dependendo do tipo de hidrocolóide que for previamente adicionado (SARKAR et al., 2016).

Chen et al. (2016) estudaram emulgéis de óleo-em-glicerol (O/G) enriquecidos com β -caroteno e estabilizados por zeína, uma proteína presente no milho, e sua aplicação na formulação de bolos, como uma alternativa ao uso de margarina. Os autores observaram que o aumento na concentração de β -caroteno nos sistemas resultou em um enfraquecimento do gel (parâmetros viscoelásticos, G' e G''), aumentando sua capacidade de espalhamento, esse fato estava associado com as interações hidrofóbicas entre a zeína e o β -caroteno. Além disso, uma menor degradação do β -caroteno foi observada quando esses emulgéis eram expostos à radiação UV, devido ao aprisionamento deste composto nos domínios isolados da rede gética. Em relação ao uso dos emulgéis como alternativa ao uso de margarina, os autores prepararam três formulações de bolo, contendo margarina, óleo de soja ou emulgel, e submeteu-as a análise sensorial e análise de perfil de textura (TPA). O bolo formulado com emulgel obteve aceitabilidade sensorial e propriedades de textura comparáveis ao formulado com margarina e superior ao formulado com óleo de soja. Os autores demonstraram a possível aplicabilidade dos emulgéis enriquecidos com β -caroteno e estabilizados com zeína na formulação de alimentos com teor de gordura reduzido.

Wan et al. (2018) prepararam emulgéis termo reversíveis contendo eugenol para a conservação de carnes refrigeradas. A fase dispersa das emulsões era composta por eugenol e uma combinação dos surfactantes Spam80 e Tween80. Posteriormente, essa emulsão foi adicionada a uma solução contendo gelatina para a formação dos emulgéis. Os autores verificaram que a aplicação dos emulgéis pelo método de imersão conferia as carnes uma distribuição homogênea do agente antimicrobiano (eugenol), e que a reversibilidade térmica da gelatina facilitava essa aplicação, uma vez que o emulgel era fluido quando aquecido a 40 °C e sólido em temperatura refrigerada e ambiente, podendo o seu uso efetivamente reduzir a perda de água dos produtos cárneos, bem como inibir o crescimento bacteriano. Os autores demonstraram que este é um método adequado para manter produtos cárneos em bom estado por um tempo relativamente longo. Além disso, a gelatina inodora e incolor não teria efeitos negativos na saúde caso algum resíduo fosse deixado na carne, e seu pH neutro não causaria nenhum impacto no sabor e na textura da carne.

6 Agentes gelificantes

Agentes gelificantes são moléculas hidrofílicas, de alta massa molar, que apresentam a propriedade de reter moléculas de água, modificando as características físicas do sistema onde estão presentes, sendo dessa forma utilizados para melhorar a consistência e características de textura (propriedades reológicas) de produtos alimentares líquidos e semi-sólidos (HEGEDUŠIET et al., 2000; SALEHI & KASHANINEJAD, 2014).

Embora desempenhem um efeito muito semelhante aos espessantes, de acordo com o tratamento aplicado (temperatura, pH, adição de sais ou açúcares...), os agentes gelificantes formam géis. A presença de um grande número de grupos hidroxilo (-OH) aumenta acentuadamente a sua afinidade com moléculas de água, retendo essas moléculas no interior das zonas de junção (SAHA & BHATTACHARYA, 2010).

Os géis podem ser de matriz proteica, por exemplo, os de origem animal como a gelatina e caseína, ou de origem vegetal como o glúten. Matriz polissacarídica, como o amido, pectinas, ágar, goma xantana e outros.

6.1 Amido

O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais como um carboidrato de reserva. As principais fontes de amido são os cereais (40 a 90% de amido por peso seco), raízes (30 a 70%), tubérculos (65 a 85%), leguminosas (25 a 50%) e algumas frutas imaturas (40-70%), como bananas ou mangas (LAJOLO & MENEZES, 2006; SANTANA & MEIRELES, 2014). Ele é também a fonte mais importante de carboidrato na alimentação humana, representando 80% a 90% de todos os polissacarídeos da dieta (DENARDIN & SILVA, 2009).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -(1,4), originando uma cadeia predominantemente linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α -(1,4) e α -(1,6), formando uma estrutura ramificada. As proporções em que essas estruturas aparecem diferem em relação às fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie e, mesmo numa mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta (ELIASSON, 2004; TESTER et al., 2004).

Os amidos nativos geralmente contêm 20 a 30% de amilose (HOOVER et al., 2010; WANG et al., 2011), alguns tipos de amidos possuem uma quantidade mínima de amilose em

sua composição granular, sendo denominados como amidos cerosos, enquanto outros amidos podem possuir um alto teor de amilose (>30%) (HUNG et al., 2007).

A amilopectina é, estrutural e funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois sozinha é suficiente para formar o grânulo, como ocorre em mutantes que são desprovidos de amilose. Quanto à amilose, acredita-se que ela esteja localizada entre as cadeias da amilopectina e aleatoriamente entremeadada entre as regiões amorfas e cristalinas. As moléculas de amilose maiores estão concentradas no centro do grânulo e, provavelmente, participam das duplas hélices com a amilopectina, enquanto as moléculas menores presentes na periferia podem ser lixiviadas para fora do grânulo. Apesar de seu limitado papel na formação de cristais, a amilose pode influenciar a organização das duplas hélices, interferindo na densidade de empacotamento das cadeias de amilopectina (TESTER et al., 2004).

As cadeias de amilopectina estão organizadas de maneiras diferentes, sugerindo uma classificação de cadeias A, B e C. O tipo A, geralmente encontrado em amidos de cereais, é composto por uma cadeia não-redutora de glicoses unidas por ligações α -(1,4) sem ramificações, sendo unida a uma cadeia tipo B por meio de ligações α -(1,6). As cadeias do tipo B, observado em alguns tubérculos, na banana verde e em amidos com alto teor de amilose, são compostas por glicoses ligadas em α -(1,4) e α -(1,6), contendo uma ou várias cadeias tipo A e podem conter cadeias tipo B unidas por meio de um grupo hidroxila primário. A cadeia C, encontrada frequentemente em amidos de leguminosas e sementes, é única em uma molécula de amilopectina, sendo composta por ligações α -(1,4) e α -(1,6), com grupamento terminal redutor (ELIASSON, 2004; VANDEPUTTE & DELCOUR, 2004; LAJOLO & MENEZES, 2006).

A amilose e amilopectina podem ser dispostas em uma estrutura semicristalina. A região cristalina é constituída pelas duplas hélices das cadeias paralelas A e B da amilopectina, sendo mais compacta, enquanto que a região amorfa, menos ordenada, contém os pontos de ramificação das cadeias laterais da amilopectina e possivelmente alguma amilose (ELIASSON, 2004). Pesquisadores destacam o papel da amilose na resistência inicial dos grânulos ao inchaço e à solubilidade (GAO et al., 2014).

O amido, quando aquecido na presença de água, passa por uma fase de transição denominada como gelatinização. Esse fenômeno ocorre quando a água se difunde para o grânulo, que incha substancialmente devido à hidratação da fase amorfa, causando perda de cristalinidade e ordem molecular (JIMÉNEZ et al., 2012). A gelatinização ocorre inicialmente

na região amorfa, favorecida pelas fracas ligações de hidrogênio presentes nessa área. O processo então se estende para a região cristalina (SASAKI et al., 2000). A gelatinização dos grânulos de amido está associada a uma perda da birrefringência e ordem cristalina devido ao rompimento de ligações de hidrogênio, quebra de dupla-hélices e a lixiviação de amilose. Isso acarreta a transição do amido de uma forma semi-cristalina (relativamente indigestível) para uma forma amorfa que é facilmente digerível. A gelatinização afeta as propriedades reológicas e a viscosidade da pasta, tornando o grânulo de amido mais acessível à ação enzimática (TESTER et al., 2004).

A interação molecular produzida após gelatinização e resfriamento da pasta é conhecida como retrogradação (HOOVER, 2000). Durante a retrogradação, as moléculas de amilose se associam a outras unidades de glicose para formar dupla-hélices, enquanto as moléculas de amilopectina recristalizam mais lentamente por associação de cadeias (SINGH et al., 2003). Após a retrogradação, o amido apresenta menor gelatinização e entalpia em comparação ao amido nativo, pois sua estrutura cristalina foi enfraquecida (SASAKI et al., 2000). Inicialmente, o conteúdo de amilose exerce uma forte influência sobre o processo de retrogradação, uma grande quantidade de amilose está associada a uma forte tendência à retrogradação. Amilopectina e materiais intermediários influenciam o processo de retrogradação durante o armazenamento sob refrigeração. Em geral, a retrogradação nas pastas de amido, bem como os alimentos que contêm amido, é desfavorável em termos de qualidade dos alimentos, causando sinérese dos géis ou dureza (BEMILLER, 2011; CONDE-PETIT et al., 2001).

O amido ceroso consiste quase que exclusivamente em amilopectina. As ramificações da amilopectina são organizadas em uma estrutura agrupada que permite que as cadeias adjacentes formem dupla-hélices, o empacotamento dessas hélices resulta em regiões cristalinas do amido (BRESOLIN et al., 2006; ZEEMAN et al., 2010). O tamanho molar e o comprimento da amilopectina na cadeia ramificada afetam o comportamento de gelatinização dos amidos cerosos. Os grânulos inchados se solubilizam mais rapidamente quando comparados com o amido normal, porque um maior teor de amilose inibe o extenso inchaço dos grânulos (SCHIRMER et al., 2013). As pastas de amido ceroso desenvolvem viscosidades mais altas, mas são altamente suscetíveis à quebra mecânica. O amido ceroso fornece um gel viscoelástico mais semelhante a líquido em altas frequências (KONG et al., 2015). Os géis de amido ceroso apresentam grande clareza, alto valor de desagregação e baixas tendências de retrogradação, as cadeias de amilopectina recristalizam por vários dias a semanas. Os amidos de milho ceroso

são amplamente utilizados como espessantes, ligantes estabilizadores e aditivos alimentares (BEMILLER & WHISTLER, 2009).

Os amidos de cereais contêm moléculas lipídicas em sua estrutura na forma de fosfolipídios e ácidos graxos livres, estando associados à fração de amilose. A presença de complexos lipídicos nos grânulos de amido é observada como um núcleo hidrofóbico situado dentro de hélices formadas por cadeias de amilose. Os complexos lipídicos variam entre 0,1-1,4%. Os lipídios nos grânulos de amido, apesar de representarem uma pequena fração, podem reduzir significativamente a capacidade de intumescimento da pasta de amido (TESTER et al., 2004). Na Tabela 2 estão apresentadas características das principais fontes de amido.

Tabela 2. Morfologia e composição de grânulos de amido de diferentes fontes botânicas.

Espécie	Variedade	Forma dos grânulos	Diâmetro (μm)	Lipídeos (%m/m)	Proteína (%m/m)	Fósforo (%m/v)	Amilose (%m/m)
Trigo	Nativo	Esférico e lenticular (Singh et al., 2003)	< 30 (Singh et al., 2003); 22-36 (Jane et al., 1994)	0.08-0.12 (Buléon et al., 1998)	0.2-0.3 (Šubarić et al., 2012)	0.40 (Sang et al., 2007)	25.6 \pm 1.0 (Hung et al., 2007)
	Ceroso	Esférico ou elipsoidal (Zhang et al., 2013)	>10 (Zhang et al., 2013)	0 (Morrison et al., 1984)	-	-	1.0 \pm 0.5 (Hung et al., 2007)
	Alto teor de amilose	Formato de disco e lenticular (Zhang et al., 2013)	< 10 (Zhang et al., 2013)	-	-	-	37.5 \pm 1.0 (Hung et al., 2007)
Arroz	Nativo	Angular, poligonal (Hoover et al., 1996)	< 20 (Singh et al., 2003) 2-8 (Hoover et al., 1996; Patindol et al., 2015)	0.6-1.4 (Dhital et al., 2011)	0.1 (Hoover et al., 1996)	0.1 (Lim et al., 1994)	21-25 (Patindol et al., 2015)
	Ceroso	-	-	-	-	-	0-2 (Patindol et al., 2015)
	Alto teor de amilose	-	-	-	-	-	> 25 (Patindol et al., 2015)
Milho	Nativo	Angular (Singh et al., 2003)	11.5 \pm 0.3 (López et al., 2010)	0.6-0.8 (Dhital et al., 2011) 0.3-0.53 (Morrison et al., 1984)	0.4 (Dhital et al., 2011)	0.31-0.35 (Sang et al., 2007)	28.5 (Nuwamanya et al., 2013) 23.86 \pm 0.66 (López et al., 2010) 25.8-32.5 (Morrison et al., 1984)
	Ceroso	-	-	0.01-0.05 (Morrison et al., 1984)	-	-	1.4-2.7 (Morrison et al., 1984)
	Alto teor de amilose	Poligonal e Angular (Ellis et al., 1998)	-	0.38-0.67 (Morrison et al., 1984)	-	0.02 (Lim et al., 1994)	70 (Lim et al., 1994) 42.6-67.8 (Morrison et al., 1984)
Batata	Nativo	Superfície lisa, oval e irregular (Singh et al., 2003)	< 110 (Singh et al., 2003)	0.1 (Dhital et al., 2011)	0.1 (Dhital et al., 2011)	0.6 (Dhital et al., 2011)	29.3 \pm 0.2 (Yuan et al., 2007)
Mandioca	Nativo	Forma de flocos e irregular (Falade & Akingbala, 2010)	5-25 (Jane et al., 1994)	0.2 (Vasanthan & Hoover, 1992)	0.3 (Leelavathi et al., 1987)	0.01 (Lim et al., 1994)	23.7 \pm 0.1 (Yuan et al., 2007) 8-25 (Paes et al., 2008)

Fonte: ALCÁZAR-ARLAY & MEIRELES (2015) com modificações

A funcionalidade do amido está diretamente relacionada à gelatinização e às propriedades de pasta. Todas essas propriedades afetam a estabilidade dos produtos, a aceitação do consumidor e a produção industrial (ŠUBARIĆ et al., 2012).

As propriedades reológicas do amido são influenciadas pela temperatura, concentração e tensão de cisalhamento (SINGH et al., 2003), e determinam sua potencial aplicabilidade como agente espessante ou gelificante (BERSKI et al., 2011). Os métodos usados para descrever os parâmetros viscoelásticos das pastas incluem equipamentos como o reômetro, amilógrafo ou viscoamilógrafo (SCHIRMER et al., 2015). Vários parâmetros descrevem o comportamento viscoelástico das pastas: (G'), a medida de energia recuperada ou acumulada em cada ciclo de deformação é um indicador do comportamento elástico da pasta; a energia dissipada (G''), a perda de energia em cada ciclo de deformação que descreve o comportamento viscoso do material; e o módulo ou tangente (G''/G'), descrevendo o comportamento do material (valores altos (>1) indicam comportamento semelhante a um fluido e valores baixos (<1) indicam comportamento sólido (BEMILLER & WHISTLER, 2009; WATERSCHOOT et al., 2015). A resistência do gel é determinada usando um analisador de textura, no qual parâmetros como força de pico (N) definem a resistência da rede tridimensional (ULBRICH et al., 2015).

A maioria dos amidos nativos possuem sua aplicação limitada pois são instáveis em relação às mudanças de temperatura, pH e forças de cisalhamento (BERSKI et al., 2011). Além disso, alguns grânulos de amido são inertes, insolúveis à temperatura ambiente, altamente resistentes à hidrólise enzimática e conseqüentemente carentes de propriedades funcionais. Logo, os amidos nativos são frequentemente modificados para desenvolver propriedades específicas, como solubilidade, textura, adesão e tolerância às temperaturas de aquecimento usadas em processos industriais (SINGH et al., 2007; SWEENDMAN et al., 2013).

Vários métodos foram desenvolvidos para produzir amidos modificados com uma variedade de características e aplicações. Todas essas técnicas alteram o polímero de amido, tornando-o altamente flexível e alterando suas propriedades físico-químicas e atributos estruturais para aumentar seu valor para as indústrias alimentícias e não alimentícias (LÓPEZ et al., 2010). Modificações do amido incluem métodos físicos, químicos e enzimáticos (YADAV et al., 2013). Os métodos físicos (por exemplo, pré-gelatinização) envolvem o uso de calor e umidade, as modificações químicas introduzem grupos funcionais na molécula de amido usando reações de derivatização (por exemplo, eterificação, esterificação, reticulação) ou envolvem reações de ruptura (por exemplo, hidrólise e oxidação) (SINGH et al., 2007).

As modificações físicas do amido podem melhorar sua solubilidade em água e reduzir o tamanho dos grânulos de amido. Os métodos físicos para tratar os grânulos nativos incluem diferentes combinações de temperatura, umidade, pressão, cisalhamento e irradiação. A modificação física dos grânulos de amido é simples, barata e segura. Essas técnicas não requerem agentes químicos ou biológicos e, portanto, são preferidas quando o produto é destinado ao consumo humano (ASHOGBON & AKINTAYO, 2014).

O amido pré-gelatinizado é aquele que passou por um processo de cozimento até a gelatinização completa e um processo de secagem simultâneo (ou subsequente). Os métodos de secagem incluem secagem em tambor, secagem por pulverização e extrusão. A principal consequência desse tratamento é a destruição da estrutura granular, resultando em completa fragmentação granular e a ausência de propriedades de birrefringência. As principais propriedades do amido pré-gelatinizado são um aumento na capacidade de intumescimento, solubilidade e dispersão em água fria. A funcionalidade do amido pré-gelatinizado depende das condições de cozimento, secagem e fonte de amido (ASHOGBON & AKINTAYO, 2014). Dos amidos fisicamente modificados, o pré-gelatinizado é usado principalmente como espessante em muitos produtos instantâneos, como comida para bebê, sopas e sobremesas, devido à sua capacidade de formar pastas e se dissolver em água fria, não requerendo aquecimento para formar uma pasta (MAJZOBI et al., 2011).

No geral, amido é usado na indústria de alimentos principalmente como um modificador de textura, viscosidade, adesão, retenção de umidade, formação de gel e filmes (WATERSCHOOT et al., 2015).

6.2 Gelatina

A gelatina é uma proteína de origem animal obtida a partir da hidrólise parcial do colágeno. O colágeno é encontrado principalmente em ossos, peles e tecidos conjuntivos de bovinos e suínos (WOLF, 2003). Este biopolímero consiste em proteínas (85-92%), sais minerais e água (SCHRIEBER & GAREIS, 2007).

O colágeno é composto por três cadeias α , formando uma estrutura de tripla-hélice. A cadeia consiste em repetições contínuas de sequências de aminoácidos Gly-X-Y, onde X e Y são principalmente prolina e hidroxiprolina, respectivamente. O último aminoácido é específico da molécula de colágeno (HOFMAN et al., 2011). Devido a essa sequência primária contendo resíduos de prolina e hidroxiprolina, que estão localizados na cadeia α no motivo Gly-Pro-Hyp, a cadeia α adota uma conformação do tipo hélice para esquerda, que é instável no estado

individual. De fato, a prolina e a hidroxiprolina possuem anéis que forçam a cadeia a formar uma hélice devido ao impedimento estérico (OKUYAMA et al., 2012). Quando três cadeias são ligadas, elas formam uma tripla-hélice para a direita estável, esta é estabilizada por ligações de hidrogênio intra e inter-cadeias. Nesta estrutura densa, os resíduos de glicina são orientados para o centro, enquanto as cadeias laterais dos resíduos X e Y são expostas ao solvente (VACA-CHAVEZ et al., 2006).

Dependendo da matéria-prima utilizada (origem e idade do animal), o colágeno e consequentemente a gelatina, não possuem exatamente a mesma estrutura, composição e propriedades (RICARD-BLUM, 2010). Por exemplo, em tecidos densos como ossos, o colágeno é mais reticulado do que em tecidos soltos, tornando a matriz mais rígida. Da mesma forma, o colágeno é mais reticulado nos animais velhos do que nos jovens, reduzindo, por exemplo, a elasticidade da pele (EYRE & WU, 2005; SCHRIEBER & GAREIS, 2007; SHOULDERS & RAINES, 2009).

Durante o processo de fabricação da gelatina, as proteínas são extraídas da pele e ossos, por aplicação de um pré-tratamento ácido, obtendo-se a gelatina tipo A, que possui um ponto isoelétrico entre 7,0 e 9,0 ou pré-tratamento alcalino, gelatina tipo B, com um ponto isoelétrico entre 4,6 e 5,2, que leva a clivagem parcial das reticulações do colágeno, fornecendo uma estrutura de colágeno desnaturada (SCHRIEBER & GAREIS, 2007).

A composição de aminoácidos da gelatina é próxima à das moléculas de colágeno. No entanto, algumas variações podem ocorrer devido ao processo de fabricação (SINGH et al., 2002; ZHOU & REGENSTEIN, 2006; TAHERI et al., 2009). A composição de aminoácidos da gelatina não está claramente definida. De fato, nas gelatinas de mamíferos, prolina e hidroxiprolina representam cerca de 30% do total de aminoácidos segundo o estudo de Muyonga et al., (2004), enquanto essa proporção foi de 23% no trabalho de Farris et al., (2009).

A gelatina derrete quando aquecida e solidifica quando resfriada novamente. Juntamente com a água, forma um gel coloidal semi-sólido. A gelificação é governada pela reforma parcial das triplas-hélices encontradas no colágeno durante o resfriamento. Na primeira etapa, uma cadeia polipeptídica adota uma orientação para induzir um local reativo. Posteriormente, ocorre a condensação de duas outras cadeias próximas ao local reativo, originando a formação de hélice tripla (RENARD et al., 2006). Acredita-se que as zonas de junção na gelatina são estabilizadas por ligações de hidrogênio semelhantes às do colágeno nativo. As zonas de junção são interconectadas através de cadeias peptídicas flexíveis (segmentos elásticos). No geral, as

ligações de hidrogênio podem ser de vários tipos: diretamente entre o grupo -CO e o hidrogênio do resíduo de glicina pertencente a dois backbones adjacentes, ou entre os grupos -NH de uma cadeia e os grupos -CO de outra cadeia, ou via ponte de moléculas de água e grupos -CO e -OH de hidroxiprolina, ou moléculas de água conectando grupos -OH de dois resíduos de hidroxiprolina (WOLF, 2003).

A aplicabilidade mais recorrente da gelatina é devido a sua propriedade gelificante termicamente reversível, não sendo necessário a adição de sais, açúcares ou ácidos (GME, 2008^a, 2008^b). Uma solução aquosa de alguns por cento de gelatina forma géis termicamente reversíveis, com temperatura de fusão (< 35 °C) abaixo da temperatura corporal, o que confere aos produtos à base de gelatina propriedades organolépticas exclusivas e liberação de sabor. Além disso, géis de gelatina possuem sabor agradável, aparência cintilante e clara, características desejáveis durante a formulação de alimentos semi-sólidos (BAZIWANE & HE, 2003). Além dessas aplicações, a gelatina pode ser usada como agente clarificante de bebidas, espessante em sobremesas e bebidas lácteas, filmes comestíveis, cápsulas de fármacos, colóide protetora (DJAGNY et al., 2001; SCHIEBER & GAREIS, 2007).

7 Flan

As sobremesas lácteas se enquadram como “alimentos prontos para consumo”. Do ponto de vista regulatório (BRASIL, 2005), alimentos semi-prontos ou prontos para consumo “são os alimentos preparados, pré-cozidos ou cozidos, que para o seu consumo não necessitam da adição de outro(s) ingrediente(s). Podem requerer aquecimento ou cozimento complementar”.

No Brasil não existe uma legislação específica com definição de padrões de identidade e qualidade para sobremesas lácteas. A composição das sobremesas difere quanto aos ingredientes e suas concentrações utilizadas, assim como na forma de preparo, sendo possível englobar neste grupo todos os produtos em que o leite desempenhe um papel relevante na sua composição (ARES et al. 2013).

Industrialmente estes produtos são basicamente constituídos por: leite, amido, açúcar, flavorizantes, estabilizantes, gelificantes, espessantes, corantes, aromatizantes, polpas de frutas ou chocolate e conservantes, com formulações variáveis em função das combinações dos ingredientes utilizados (por exemplo, o conteúdo de gordura do leite, tipo e concentração de hidrocolóides) e interações cruzadas que produzirão diferenças nas propriedades físicas e sensoriais, podendo influenciar a aceitabilidade destes produtos pelos consumidores (TARREGA & COSTELL, 2007). O processo de fabricação é constituído basicamente das

etapas de preparo da mistura, tratamento térmico, homogeneização, resfriamento parcial e estocagem sob refrigeração. De maneira geral, as sobremesas lácteas apresentam consistência semi-sólida (NIKAEDO et al., 2004).

Uma ampla variedade de sobremesas lácteas prontas para consumo estão disponíveis no mercado, oferecendo uma grande variedade de texturas, sabores e aparências (DEPYPERE et al., 2009). Estas variações ocorrem devido à utilização de diferentes ingredientes, equipamentos e condições de processo (VERBEKEN et al., 2006). Embora a produção industrial de sobremesas lácteas seja delicada, seu valor nutricional e suas características sensoriais favorecem o seu consumo por grupos de consumidores como crianças e idosos (NIKAEDO et al., 2004; VIDIGAL et al., 2012; VALENCIA, 2015). Apesar de inicialmente as sobremesas lácteas ofertarem somente o apelo sensorial, os ingredientes inovadores e os sistemas tecnológicos aplicados nas fábricas de laticínios têm proporcionado novas alternativas, permitindo a produção de sobremesas com novos sabores, maior digestibilidade e maior valor nutricional (NIKAEDO et al., 2004).

Geralmente, as sobremesas lácteas são avaliadas sensorialmente em relação aos atributos de aparência, textura, sabor e aroma (ELMORE et al., 1999). Outros pesquisadores têm focado em atributos específicos como cremosidade, consistência, viscosidade e firmeza (DE WIJK et al., 2003).

Alguns autores reportaram o efeito de alguns ingredientes nas propriedades de textura e comportamento reológico de sobremesas. Vidigal et al. (2012) estudaram a adição de concentrado proteico do soro (CPS) em sobremesas lácteas sem gordura e verificaram que concentrações de 1,5 e 3,0% de CPS melhoraram a textura, sabor e aroma e conseqüentemente a aceitabilidade sensorial do produto. Wischmann et al. (2002) estudaram o efeito da concentração do amido de batata no comportamento reológico e na viscoelasticidade de alimentos modelos e observaram que as amostras apresentaram tempo-dependência e escoamento pseudoplástico e que a natureza viscoelástica era devido à estrutura gelificada adquirida pela adição do polissacarídeo. Aguilera & Rojas (1996), verificaram que a mistura de amido de mandioca e proteínas do soro de leite podem resultar na formação de um gel mais forte devido a um mecanismo sinérgico.

8 Avaliação instrumental de textura

8.1 Reologia

Reologia de alimentos é definida como a ciência que estuda a deformação de sólidos e o escoamento (fluidez) dos líquidos pela influência de forças mecânicas aplicadas (CORREA et al., 2005).

A complexidade de diversos materiais alimentares, permite que seu comportamento reológico não seja somente predito por modelos de viscosidade. Daí a necessidade de considerar o efeito combinado das características viscosas e elásticas desses materiais. Os denominados materiais viscoelásticos são aqueles que possuem características reológicas intermediárias às de um fluido ideal (componente viscosa) e às de um sólido ideal (componente elástica) (BARNES et al., 1989).

Os ensaios dinâmico-oscilatórios são experimentos reológicos, principalmente aplicados para o estudo do comportamento viscoelástico de materiais estruturalmente complexos, como os alimentos. Testes dinâmico-oscilatórios são populares na reologia e muito utilizados na caracterização de diversos tipos de materiais, como soluções poliméricas, suspensões, emulsões, géis e etc. O teste é executado quando a amostra é submetida de forma oscilatória a uma tensão, compressão ou cisalhamento cujos resultados são sensíveis às propriedades físico-químicas (STEEFE, 1996). Neste tipo de ensaio, a perturbação mecânica é alternada periodicamente no material, o que foi denominado em Moneteiro (2004) como perturbação mecânica senoidal. Na prática, a tensão de cisalhamento ou a deformação é aplicada numa amplitude e frequência que podem ser fixa ou variável, em que os resultados são analisados em função da diferença entre as ondas senoidais do estresse oscilatório e a resposta de deformação do material.

Quando um sólido perfeitamente elástico é submetido a um ensaio oscilatório a curva da magnitude da tensão aplicada se encontra em fase com a da deformação, para um líquido Newtoniano a tensão se encontra defasada 90° da resposta de deformação. No caso de materiais viscoelásticos, a curva de deformação não acompanha imediatamente a curva de tensão, apresentado um retardo δ , tal que $0^\circ < \delta < 90^\circ$ (RAO, 2014). A pequena tensão oscilatória senoidal ou deformação, $\gamma(t)$, aplicada ao material varia com o t segundo a Equação 1. Na Equação 2 é representada a taxa de deformação, $\dot{\gamma}(t)$, em função do tempo para avaliar o componente viscoso.

$$\gamma(t) = \gamma_0 \text{sen}(\omega t) \quad (1)$$

$$\gamma(t) = \gamma_0 \cos(\omega t) \quad (2)$$

Nas equações 1 e 2, γ_0 é a amplitude de deformação e ω a frequência angular. O efeito da deformação resulta na contribuição de duas componentes viscoelásticas do material: a componente elástica e viscosa. Para representar o efeito global da tensão na região de viscoelasticidade linear é utilizada a Equação 3, em que a tensão gerada, σ_0 , é expressa em função do módulo elástico ou de armazenamento (G' ; Pa) e do módulo viscoso ou de perda (G'' ; Pa).

$$\sigma_0 = G' \gamma_0 \sin(\omega t) + G'' \gamma_0 \cos(\omega t) \quad (3)$$

O módulo elástico está relacionado à magnitude da energia armazenada no material, que é utilizada para sua recuperação em cada ciclo de deformação. Como toda energia é armazenada para o caso de um sólido perfeitamente elástico, o módulo de perda é zero, daí a deformação ser proporcionalmente constante à tensão aplicada. O módulo viscoso está relacionado à energia dissipada na forma de calor em cada ciclo de deformação, em que o material apresenta uma resistência viscosa e faz com que a resposta de deformação esteja defasada da tensão à que foi submetida. Já para os materiais viscoelásticos a deformação apresenta um retardo na resposta medida em que a tensão é aplicada. O ângulo de defasamento delta (δ) está na faixa 0° a 90° e varia conforme a intensidade do componente viscoso e elástico (casos ideais em que $\delta = 90^\circ$ e $\delta = 0^\circ$ respectivamente). A Equação 4 leva em conta δ na variação da tensão resultante, Equações 5 e 6, são então definidos como os módulos G' e G'' , cujas magnitudes relativas permitem uma avaliação quantitativa do comportamento viscoelástico do material.

$$\sigma(t) = \sigma_0 \sin(\omega t + \delta) \quad (4)$$

$$G' = \left[\frac{\sigma_0}{\gamma_0} \right] \cos \delta \quad (5)$$

$$G'' = \left[\frac{\sigma_0}{\gamma_0} \right] \sin \delta \quad (6)$$

Com a medida dos módulos de armazenamento e de perda se determina uma grandeza denominada de tangente de perda ($\tan \delta$) (Equação 7). O valor de $\tan \delta$ expressa a relação da energia dissipada e armazenada no material em um ciclo de deformação. Se o módulo de perda possuir maior valor do que o módulo de armazenamento, o comportamento do material corresponde ao de um fluido viscoso, caso contrário o material se aproxima de um sólido.

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (7)$$

Informações relacionadas ao comportamento reológico de materiais alimentares podem ser obtidas ao submetê-los a ensaios oscilatórios diversos, variando-se o tempo, a temperatura ou a frequência de oscilação. Entretanto, inicialmente, é necessário que o material sofra uma deformação devido ao incremento na tensão oscilatória em um valor fixo de frequência (varredura de tensão), de forma que se possa estabelecer a chamada “região de viscoelasticidade linear” do material, intervalo esse que as magnitudes dos módulos de perda e de armazenamento tendem a apresentar valores constantes. Nesse intervalo de valores de tensão, a resposta de deformação do material atende somente a dinâmica molecular envolvida na sua constituição, ao invés de mudanças sujeitas ao esforço mecânico externo que é aplicado infinitesimalmente ou muito próximo do equilíbrio. Assim, a tensão para a realização de outro teste subsequente (tipicamente, varreduras de frequência ou de temperatura) deve ser fixada em um valor contido dentro da região viscoelástica linear do material.

No teste de varredura de frequência, os módulos G' e G'' são medidos em função da variação da taxa de aplicação da tensão ou deformação, cuja frequência aumenta em valor fixo de tensão restrita a região de viscoelasticidade linear. Baseando-se no comportamento de G' e G'' ao longo do intervalo de frequência, o material é denominado como “gel verdadeiro” ou “gel fraco” (RAO, 2014). No primeiro caso, o valor de G' é maior do que o de G'' em ordens de magnitude geralmente superiores a 10^2 , independente da frequência. Isso se deve ao reduzido rearranjo molecular na rede que forma o gel. Já no segundo caso, G' e G'' apresentam valores mais variáveis em função da frequência e pouca diferença na magnitude de G' e G'' , o que sugere um processo de relaxação na estrutura do material. Se $G' > G''$, o material viscoelástico tem caráter predominantemente sólido e, analogamente, se, $G'' > G'$ o material é viscoelástico com caráter predominantemente fluido.

O conhecimento do comportamento reológico de qualquer material é muito importante no processamento de alimentos. Portanto, a caracterização reológica dos ingredientes individuais, bem como do produto alimentar final encontrado nas prateleiras dos supermercados, é parte integrante da ciência de alimentos. O estudo reológico pode auxiliar processos industriais (agitação, bombeamento, dosagem, dispersão, pulverização), controle de qualidade, desenvolvimento de novos produtos, avaliação sensorial e estrutura dos alimentos (FISCHER & WINDHAB, 2011).

8.2 Análise do Perfil de Textura (TPA)

O processo fisiológico de mastigação é bastante complexo. O ser humano mede e integra as percepções sensoriais do alimento que sofre transformação contínua durante a mastigação. Para reduzir os gastos e a variabilidade dos testes com indivíduos, foram realizadas muitas tentativas para produzir instrumentos que simulem as percepções sensoriais. A análise de textura instrumental que usa compressão uniaxial começou com o trabalho de Szczesniak em 1963 (KEALY, 2006). Em 1968, Bourne derivou uma técnica em que a partir das curvas de força-deformação traçadas a partir de ensaios conduzidos em máquinas universais de testes mecânicos, as propriedades do perfil de textura podem ser mensuradas (SOARES et al., 2007). Os equipamentos utilizados para medir a textura consistem basicamente em três elementos: uma “probe” (objeto de aplicação da força), uma fonte de movimento e um registrador. As propriedades mecânicas são estudadas submetendo o alimento a uma força e observando a deformação produzida pelo esforço correspondente (RICHTER, 2006).

Assim, no teste de textura instrumental, as medidas são baseadas na resistência da amostra à força aplicada. Níveis de deformação entre 20-50% são geralmente aplicados em produtos semi-sólidos. Nestes níveis, as amostras não quebram, sendo possível obter propriedades como dureza/firmeza, coesividade, elasticidade, e seus derivados, gomosidade e mastigabilidade (Figura 2) (PONS & FISZMAN, 1996), em que a “firmeza” é a força máxima F_1 (N) registrada em um ciclo de penetração; “coesividade” é a razão entre A_1/A_2 (áreas sob as curvas do primeiro e segundo ciclos); “adesividade” $|A_3|$; “elasticidade” é a razão entre d_1/d_2 ; e “gomosidade” é igual o produto dureza * coesividade * 100 e exprime a facilidade para se mastigar o material. Na Tabela 3 são apresentadas definições instrumentais, físicas e sensoriais das propriedades de textura.

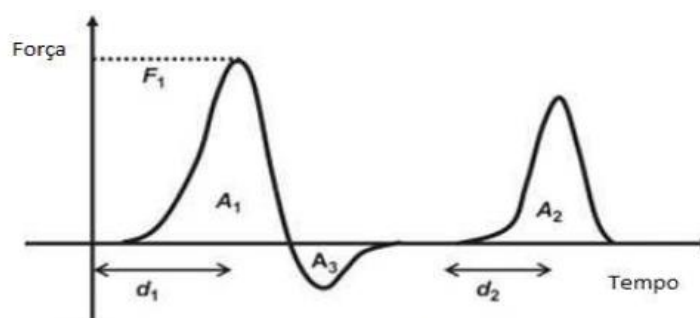


Figura 2. Curva típica de Análise do Perfil de Textura (BOURNE, 2002).

O Perfil de Textura Instrumental vem sendo aplicado com eficiência para uma gama de alimentos, como por exemplo carne de frango (POLAK et al., 2018), sobremesa láctea sabor

chocolate (YILMAZ-ERSAN et al., 2019), pães (SCHEUER et al., 2015), queijo (ZHENG et al., 2016) entre outros. Este método tem como vantagem a simplicidade e as propriedades de textura obtidos podem ser correlacionados com a textura sensorial (BOURNE, 2002). Em alimentos formulados a base de propriedades gelificantes de polissacarídeos e proteínas, a textura é uma propriedade de grande importância (PONS & FISZMAN, 1996).

Tabela 3. Definições instrumentais, físicas e sensoriais das propriedades de textura.

Propriedades	Instrumental	Física	Sensorial
Dureza/ Firmeza (N)	É definido como o pico de força durante o primeiro ciclo de compressão.	Força necessária para produzir certa deformação.	Força requerida para compressão entre os dentes molares (para sólidos) e entre a língua e o palato (para semi-sólidos).
Coesividade	Razão da força positiva da área do segundo ciclo de compressão pelo primeiro ciclo de compressão.	Quantidade de energia necessária para romper as ligações internas das amostras.	Grau que uma substância é comprimida entre os dentes antes de se romper.
Elasticidade (mm)	É a medida que o alimento atinge entre o final do primeiro ciclo de compressão e o segundo ciclo.	Velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada depois que a força de compressão é removida.	Grau que o produto volta à sua forma original.
Adesividade (J)	É a área de força negativa do primeiro ciclo de compressão, representando a força necessária para a retirada do probe do alimento.	Trabalho necessário para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e outra superfície a qual o alimento está em contato.	Força requerida para remover o alimento que adere à boca (palato).
Gomosidade (N)	É definido como o produto entre firmeza e coesividade.	Força para mastigar alimentos semi-sólidos até deglutição.	Força requerida para desintegrar uma amostra semi-sólida à consistência adequada para deglutição.
Mastigabilidade (J)	É definida como o produto entre coesividade, elasticidade e dureza.	Força para mastigar alimentos sólidos até deglutição.	Força requerida para desintegrar uma amostra sólida à consistência adequada para deglutição.

Fonte: BOURNE, 1978.

9 Avaliação sensorial

9.1 Aceitação

O consumidor é o destino final de todo produto desenvolvido, seja este um bem de consumo ou especificamente um alimento. Todo empreendimento tem como objetivo final a aceitação e a satisfação de um consumidor, logo, o sucesso do alimento no mercado depende do seu desempenho junto ao consumidor. Assim, no processo de desenvolvimento de um produto, a determinação da sua aceitação é imprescindível (NGAPO et al., 2003).

A análise sensorial utiliza da complexa interação dos órgãos e dos sentidos dos avaliadores (visão, paladar, tato e audição) para medir características sensoriais e aceitabilidade dos produtos alimentícios e, portanto, atingir o potencial máximo de qualidade e aceitabilidade. Por meio do teste de aceitação, o indivíduo expressa o grau de gostar ou de desgostar de um determinado produto, de forma globalizada ou em relação a um atributo específico, como por exemplo, o sabor, cor, textura, impressão global. Normalmente utiliza-se escalas hedônicas, com termos que variam de “desgostei extremamente” a “gostei extremamente” (MINIM, 2006).

9.2 Rate-all-that-apply (RATA)

As técnicas descritivas são métodos abrangentes e flexíveis, capazes de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades sensoriais de um alimento, constituindo-se em uma das mais importantes ferramentas da análise sensorial. Quando utilizadas em conjunto com testes de consumidor, fornecem importantes informações para introdução e posicionamento estratégico de produtos no mercado, pois permitem identificar os atributos sensoriais que determinam a preferência do consumidor (LAWLESS & HEYMANN, 1999).

O uso de testes Check-All-That-Apply (CATA) para caracterizações sensoriais foi utilizado por Adams et al., (2007) e desde então vem sendo utilizado em inúmeras aplicações e sua aceitação vem aumentando. Aos participantes é apresentado um produto para ser analisado e uma lista de termos descritores a serem avaliados. Os participantes devem provar o produto e selecionar quais os atributos descrevem as suas características, não existindo limite de termos descritores a serem marcados. Este tipo de teste tem sido utilizado em larga escala para produtos como snacks, sorvetes, sobremesas lácteas e cosméticos, por exemplo. Os estudos classificam os testes como rápidos, simples e um método confiável para reunir informações sobre a percepção dos consumidores em relação às características sensoriais dos produtos de natureza alimentar comparado com as mesmas informações obtidas através dos clássicos testes descritivos realizados com consumidores treinados (ARES et al., 2014).

A metodologia RATA (Rate-All-That-Apply) é uma variante do CATA. Nela os consumidores classificam a intensidade dos atributos que eles julgam aplicáveis ao produto. Além de assinalarem quais atributos se aplicam, eles atribuem nota de intensidade, utilizando uma escala categórica de 3 ou 5 pontos. Na escala de 3 pontos os consumidores atribuem notas quando à intensidade. Já na escala de 5 pontos, eles atribuem valores de acordo com o grau de aplicabilidade do termo ao produto. A proposta do RATA é aumentar a aplicabilidade do método original (CATA) por meio da obtenção de informações de intensidade das características sensoriais (MINIM & SILVA, 2016).

REFERÊNCIAS

ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M. **Advantages and uses of check-allthat-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks.** 7th Pangborn Sensory Science Symposium. Minneapolis, USA, 12– 16 August, 2007.

AGUILERA, J. M.; ROJAS, E. **Rheological, termal and microstructural properties of whey protein-cassava starch gels.** Journal Food Science, v.61, p. 962-966, 1996.

ALCÁZAR-ALAY, S. C; MEIRELES, M. A. A. **Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources.** Food Science and Technology, 2015.

ARES, F.; ARRARTE, E.; LEÓN, T.; ARES, G.; GÁMBARO, A. **Development of functional milk desserts enriched with resistant starch based on consumers perception.** Food Science and Technology International, v. 18, n. 5, 2013.

ARES, G.; BRIZZONE, F.; VIDAL, L.; CADENA, R.; GIMÉNEZ, A.; PINEAU, B.; HUNTER, D.; PAISLEY, A.; JAEGER, S. **Evaluation of a rating-based Variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA).** Food Quality and Preference Journal v.36, p 87-95, 2014.

ASHOGBON, A. O., & AKINTAYO, E. T. **Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: a review.** Starch/Staerke, 66(1-2), 41-57, 2014.

BARNES, H. A. HUTTON, J. F.; WALTERS, K. F. R. S. **Introduction to Rheology.** Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, Cap. 1, p. 1-10, 1989.

BASUTKAR, R. S., TSUNDUE, T., SIVA, H. ROSE, A. PONNUSANKAR, S. **Vitamin D Supplementation in Patients with Iron Deficiency Anaemia: A Systematic Review and a Meta-Analysis.** Sys Rev Pharm, 2019.

BAZIWANE, D., HE, Q. **Gelatin: The Paramount Food Additive.** Food Reviews International, 2003.

BEMILLER, J. N., WHISTLER, R. L. **Starch: chemistry and technology.** Oxford: Academic Press, 2009.

BEMILLER, J. N. **Pasting, paste, and gel properties of starch–hydrocolloid combinations.** Carbohydr. Polym, 86, 386–423, 2011.

BERSKI, W., PTASZEK, A., PTASZEK, P., ZIOBRO, R., KOWALSKI, G., GRZESIK, M., ACHREMOWICZ, B. **Pasting and rheological properties of oat starch and its derivatives.** Carbohydrate Polymers, 83(2), 665-671, 2011.

BLANCO-ROJO, R., PEREZ-GRANADOS, A. M., TOXQUI, L. **Efficacy of a microencapsulated iron pyrophosphate-fortified fruit juice: a randomised, double-blind, placebo-controlled study in Spanish iron-deficient women.** Br. J. Nutr. 105, 1652–1659. 2011.

BONACUCINA, G., CESPI, M., PALMIERI, G. F. **Characterization and Stability of Emulsion Gels Based on Acrylamide/Sodium Acryloyldimethyl Taurate Copolymer.** AAPS PharmSciTech, Vol. 10, No. 2, 2009.

BOURNE, M. C. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement.** 2 ed. Elsevier Science & Technology Books, 2002.

BOURNE, M. C. **Texture profile analysis.** Food Technology, v. 32, p. 62–66, 1978.

BRASIL. Portaria n° 31 de 13 de janeiro de 1998. **Regulamento técnico referente a alimentos adicionados de nutrientes essenciais.** Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, disponível em <http://www.anvisa.gov.br>.

BRASIL. Resolução RDC n° 269, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais.** Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, disponível em <http://www.anvisa.gov.br>.

BRASIL. Resolução RDC n° 273, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para misturas para o preparo de alimentos e alimentos prontos para consumo.** Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, disponível em <http://www.anvisa.gov.br>.

BRESOLIN, N. S., LI, Z., KOSAR-HASHEMI, B., TETLOW, I. J., CHATTERJEE, M., RAHMAN, S., MORELL, M.K., HOWITT, C.A. **Characterisation of disproportionating enzyme from wheat endosperm.** Planta 224, 20-31. 2006.

BUDAI-SZUCS, M. **Formulation and investigation of gel-emulsions containing polymeric emulsifiers.** Ph.D. Thesis. Szeged: University of Szeged. 2008.

CARVALHO, M. C., BARACAT, E. C. E., SGARBIERI, V. C. **Anemia Ferropriva e Anemia de Doença Crônica: Distúrbios do Metabolismo de Ferro.** Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, 13(2): 54-63, 2006.

CHEN, X., FU, S., HOU, J., GUO, J., WANG, J., YANG, X. **Zein based oil-in-glycerol emulgels enriched with b-carotene as margarine alternatives.** Food Chemistry 2016.

CHO, S., MEJIA, L. A., MOREL, L. C., SAMUEL-FERNANDO, P. **Cooked cereal ingredient-containing products fortified with non-ferric EDTA and insoluble iron compositions and methods for use.** US2002/0012721 A1. 2002.

CONDE-PETIT, B., NUSSLI, J., ARRIGONI, E., ESCHER, F., AMADÒ, R. **Perspectives of starch in food science**. *Chimia*, 55(3), 201-205. 2001.

CORREA, N. M.; CAMARGO JÚNIOR, F. B., IGNÁCIO, R. F.; LEONARDI, G. R. **Avaliação do comportamento reológico de diferentes géis hidrofílicos**. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 41, n.1 jan./mar., 2005.

COSTA, N. M. B., MARTINO, H. S. D. **Biodisponibilidade de Minerais**. In: SILVA, S. M. C.; MURA, J. D. P. *Tratado de Alimentação, Nutrição & Dietoterapia*. 2. ed. São Paulo: Roca, p. 107-134, 2011.

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

DE WIJK, R. A., GERMERT, L. J. V., TERPSTRA, M. E. J., WILKINSON, C. L. **Texture of semi-solids; sensory and instrumental measurements on vanilla custard desserts**. *Food Quality and Preference*, v.14, p. 305–307, 2003.

DENARDIN, C. C., SILVA, L. P. **Starch granules structure and its regards with physicochemical properties**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 3, p.945-954. 2009.

DEPYPERE, F., VERBEKEN, D., TORRES, J. D., DEWETTINCK, K. **Rheological properties of dairy desserts prepared in an indirect UHT pilot plant**. *Journal of Food Engineering*, v. 91, n. 1, p. 140-145. 2009.

DIAS, D. M., MOREIRA, M. E. C., GOMES, M. J. C., TOLEDO, R. C. L., NUTTI, M. R., SANT'ANA, H. M. P., MARTINO, H. S. D. **Rice and Bean Targets for Biofortification Combined with High Carotenoid Content Crops; Regulate Transcriptional Mechanisms Increasing Iron Bioavailability**. *Nutrients*, v. 7, p. 9683-9696, 2015.

DICKINSON, E. **Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets**. *Food Hydrocolloids*, 28, 224-241. 2012.

ELIASSON, A. C. **Starch in food – Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 605p. 2004.

ELMORE, J.R., HEYMANN, H., JOHNSON, J., HEWETT, J. E. **Preference mapping: relating acceptance of “creaminess” to a descriptive sensory map of a semisolid**. *Food Quality and Preference*, v. 10, p. 465-475, 1999.

EYRE, D. R., WU, J. J. **Collagen cross-links**. *Topics in Current Chemistry*, 247, 207-229. 2005.

FARRIS, S., SONG, J., HUANG, Q. **Alternative Reaction Mechanism for the Cross-Linking of Gelatin with Glutaraldehyde**. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 58, 998-1003. 2009.

FIDLER, M. C., DAVIDSSON, L., ZEDER, C., WALCZYK, T., MARTI, I., HURRELL, R. F. **Effect of ascorbic acid and particle size on iron absorption from ferric pyrophosphate in adult women.** *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 74, 294–300. 2004.

FIDLER, M. C., WALCZYK, T., DAVIDSSON, L., ZEDER, C., SAKAGUCHI, N., JUNEJA, L. R. L. **A micronised, dispersible ferric pyrophosphate with high relative bioavailability in man.** *British Journal of Nutrition*, 91, 107–112. 2004.

FISCHER, P., WINDHAB, E. J. **Rheology of food materials.** *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, p.36–40. 2011.

GAO, H., CAI, J., HAN, W., HUAI, H., CHEN, Y., WEI, C. **Comparison of starches isolated from three different *Trapa* species.** *Food Hydrocolloids*, 37, 174–181. 2014.

GME. **Gelatine is multitalented.** Disponível em: <http://www.gelatine.org/en/gelatine/overview/128.htm#1>. Acesso em: 29/07/19. 2008b.

GME. **Gelatine Manufacturers of Europe.** Disponível em: <http://www.gelatine.org/en/gelatine/overview/127.htm>. Acesso em: 29/07/19. 2008^a.

HILTY, F. M., ARNOLD, M., HILBE, M., TELEKI, A., KNIJNENBURG, J. T. N., EHRENSPERGER, F. **Iron from nanocompounds containing iron and zinc is highly bioavailable in rats without tissue accumulation.** *Nature Nanotechnology*, 5, 374–380. 2010.

HOFMAN, K., HALL, B., CLEAVER, H., MARSHALL, S. **High-throughput quantification of hydroxyproline for determination of collagen.** *Analytical Biochemistry*, 417, 289–291. 2011.

HOOVER, R., HUGHES, T., CHUNG, H. J., LIU, Q. **Composition molecular structure, properties, and modification of pulse starches: a review.** *Food Res Int* 43:399–413. 2010.

HOOVER, R. **Acid-treated starches.** *Food Reviews International*, 16(3), 369–392. 2000.

HUANG, Q., YU, H., RU, Q. **Bioavailability and delivery of nutraceuticals using Nanotechnology.** *Journal of Food Science*, 75, R50eR57. 2010.

HUNG, P. V., MAEDA, T., MORITA, N. **Study on physicochemical characteristics of waxy and high-amylose wheat starches in comparison with normal wheat starch.** *Starch/Stärke*, 59, 125–131. 2007.

HURRELL, R. F. **How to Ensure Adequate iron Absorption from Iron-fortified.** *Food and Nutrition Reviews*, v. 60, n. 7, p. 7–15. 2002.

HURRELL, R. F., LYNCH, S., BOTHWELL, T. **Enhancing the absorption of fortification iron.** A Sustain Task Force report. *Int J Vitam Nutr Res* 74, 387–401. 2004.

HURRELL, R. **Linking the bioavailability of iron compounds to the efficacy of iron-fortified foods.** *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 77, 166–173. 2007.

JIMÉNEZ, A., FABRA, M. J., TALENS, P., CHIRALT, A. **Edible and biodegradable starch films: a review**. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2058-2076. 2012.

KAKRAN, M., ANTIPINA, M. N. **Emulsion-based techniques for encapsulation in biomedicine, food and personal care**. *Current Opinion in Pharmacology*, 18, 47-55. 2014.

KANDORI, K., KUWAE, T., ISHIKAWA, T. **Control on size and adsorptive properties of spherical ferric phosphate particles**. *Journal of Colloid and Interface Science*, 300, 225–231. 2006.

KEALY, T. **Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid foods**. *Food Research International*, v. 39, p. 265-276, 2006.

KONG, X., KASAPIS, S., BAO, J. **Viscoelastic properties of starches and flours from two novel rice mutants induced by gamma irradiation**. *LWT - Food Sci. Technol.* 60, 578e582. 2015.

LAJOLO, F. M., MENEZES, E. W. **Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 648p. 2006.

LAWLESS, H. T., HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. Gaithersburg: Aspen, 1999.

LAXMINARAYAN, R., MILLS, A. J., BREMAN, J. G. **Advancement of global health: key messages from the Disease Control Priorities Project**. *Lancet*, v. 367, p. 1193–1208. 2006.

LEAL-CALDERON, F., SCHMITT, V., BIBETTE, J. **Emulsion science: Basic principles** (2th ed.). New York: Springer Science & Business Media. 2007.

LEKKERKERKER, H. N. W., TUINIER, R. **Colloids and the depletion interactions**. Springer Science & Business Media 2011.

LOPEZ, A., CACOUB, P., MACDOUGALL, I. C., PEYRIN-BIROULET, L. **Iron deficiency anaemia**. *The Lancet*, 387(10021), 907–916. 2016.

LÓPEZ, O. V., ZARITZKY, N. E., & GARCÍA, M. A. **Physicochemical characterization of chemically modified corn starches related to rheological behavior, retrogradation and film forming capacity**. *Journal of Food Engineering*, 100(1), 160-168. 2010.

LOVEDAY, S. M., SARKAR, A., & SINGH, H. **Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture**. *Trends in Food Science & Technology*, 33, 5-20. 2013.

MAJZOBI, M., RADI, M., FARAHNAKY, A., JAMALIAN, J., TONGDANG, T., MESBAHI, G. **Physicochemical properties of pre-gelatinized wheat starch produced by a twin drum drier**. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(2), 193-202. 2011.

MCCLEMENTS, D. J. **Nanoparticle-and microparticle-based delivery systems: Encapsulation, protection and release of active compounds**. Boca Raton: CRC Press. 2014.

MCCLEMENTS, D. J., LI, Y. **Structured emulsion-based delivery systems: controlling digestion and release of lipophilic food components.** *Adv Colloid Interface Sci*, 159, 213-228. 2010.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores.** 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 225 p. 2006.

MINIM, V.; SILVA, R. **Análise Sensorial Descritiva.** Viçosa, MG: Editora UFV, 280p. 2016.
MOLL, R., DAVIS, B. **Iron, Vitamin B12 e Folate.** *Clinical Sciences*, 45:4, 2017.

MONTEIRO, A. M. **Proteínas com funcionalidade mecânica: um estudo físico-químico sobre a viscoelasticidade da gliadina, uma proteína de reserva do glúten do trigo.** 2004. 195f. Tese (Doutorado) - Instituto De Química, Universidade De São Paulo, São Paulo, 2004.

MORETTI, D., ZIMMERMANN, M. B., MUTHAYYA, S. **Extruded rice fortified with micronized ground ferric pyrophosphate reduces iron deficiency in Indian schoolchildren: a double-blind randomized controlled trial.** *Am J Clin Nutr* 84, 822–829. 2006.

MUN, S., KIM, Y. R., MCCLEMENTS, D. J. **Control of beta-carotene bioaccessibility using starch-based filled hydrogels.** *Food Chem*, 173, 454-461. 2015.

MUN, S., KIM, Y. R., SHIN, M., MCCLEMENTS, D. J. **Control of lipid digestion and nutraceutical bioaccessibility using starch-based filled hydrogels: Influence of starch and surfactant type.** *Food Hydrocolloids*, 44, 380-389. 2015.

MUYONGA, J. H., COLE, C. G. B., DUODU, K. G. **Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin.** *Food Hydrocolloids*, 18, 581-592. 2004.

NGAPO, T. M., DRANSFIELD, E., MARTIN, J. F., MAGNUSSON, M., BREDAHL, L., NUTE, G. R. **Consumer perceptions: pork and pig production.** *Insights from France, England, Sweden and Denmark.* *Meat Science*, v.66, n.1, p.125-134, 2003.

NIKAEDO, P. H. L., AMARAL, F. F., PENNA, A. L. B. **Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado protéico de soro e misturas de gomas carragena e guar.** *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 40, n. 3, p. 397 – 404. 2004.

OKUYAMA, K., MIYAMA, K., MIZUNO, K., BACHINGER, H. P. **Crystal structure of (Gly-Pro-Hyp): Implications for the collagen molecular model.** *Biopolymers*, 97, 607-616. 2012.

PAGANINI, D., ZIMMERMANN, M. B. **The effects of iron fortification and supplementation on the gut microbiome and diarrhea in infants and children: a review.** *The American journal of clinical nutrition*, v. 106, n. suppl_6, p. 1688S-1693S, 2017.

PANWAR, A. S., UPADHYAY, N., BAIRAGI, M., GUJAR, S., DARWHEKAR, G. N., JAIN, D. K. **Emulgel: A Review.** *Asian J Pharm Life Sci.* 1(3):333-343. 2011.

PATEL, A. R., VELIKOV, K. P. **Colloidal delivery systems in foods: A general comparison with oral drug delivery**. *LWT – Food Science and Technology*, 44, 1958–1964. 2011.

PETRY, N. **Polyphenols and low iron bioavailability**. *Polyphenols in human health and disease*, pp. 311–322. 2013.

POLAK, T., LUSNIC-POLAK, M., LOJEVEC, I., DEMSAR, L. **Effects of different hydrocolloids on the texture profile of chicken meat emulsions**. *Scientific journal Meat Technology* v. 59, n. 2, p. 91-101. 2018.

PONS, M., FISZMAN, S. M. **Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems**. *Journal of Texture Studies*, v. 27, p. 597-624, 1996.

PRIPP, A. H., ISAKSSON, T., STEPANIAK, L., SORHAUG, T., ARDO, Y. **Quantitative structure activity relationship modelling of peptides and proteins as a tool in food science**. *Trends in Food Science and Technology*, v. 16, p. 484–494, 2005.

PUBCHEM. **Chemical Structure Depiction Ferric Pyrophosphate**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24877#section=Structures>. Acesso em: 07/2019.

RAO, M. A. **Measurement of Flow and Viscoelastic Properties. In Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods, Principles and Applications**. New York: Springer, Cap. 3, p. 63-159. 2014.

RENARD, D., VAN DE VELDE, F., AND VISSCHERS, R. W. **The gap between food gel structure, texture and perception**. *Food Hydrocoll.* 20: 423–431. 2006.

RICARD-BLUM, S. **The collagen family**. *Extracellular Matrix Biology* (pp. -19). Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2010.

RICHTER, V. B. **Desenvolvimento de uma técnica descritiva por ordenação**. Londrina: UEL. 74p. Tese (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, 2006.

ROHNER, F., ERNST, F. O., ARNOLD, M., HIBE, M., BIEBINGER, R., EHRENSPERGER, F. **Synthesis, characterization, and bioavailability in rats of ferric phosphate nanoparticles**. *Journal of Nutrition*, 137, 614–619. 2007.

RUFFIN, E., SCHMIT, T., LAFITTE, G., DOLLAT, J., CHAMBIN, O. **The impact of whey protein preheating on the properties of emulsion gel bead**. *Food Chemistry*, 151, 324-332. 2014.

SAHA, D., BHATTACHARYA, S. **Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review**. *Journal of food science and technology*, v. 47, n. 6, p. 587-597, 2010.

SAKAGUCHI, N., RAO, T. P., NAKATA, K., NANBU, H., JUNEJA, L. R. **Iron absorption and bioavailability in rats of micronized dispersible ferric pyrophosphate**. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 74, 3–9. 2004.

SALA, G., DE WIJK, R. A., VAN DE VELDE, F., VAN AKEN, G. A. **Matrix properties affect the sensory perception of emulsion-filled gels**. *Food Hydrocolloids*, 22, 353-363. 2008.

SALEHI, F., KASHANINEJAD, M. **Kinetics and thermodynamics of gum extraction from wild sage seed.** International journal of food engineering, v. 10, n. 4, p. 625-632, 2014.

SANTANA, A. L., MEIRELES, M. A. A. **New starches are the trend for industry applications: a review.** Food and Public Health, 4(5), 229-241. 2014.

SARKAR, A., KAMARUDDIN, H., BENTLEY, A., WANG, S. **Emulsion stabilization by tomato seed protein isolate: Influence of pH, ionic strength and thermal treatment.** Food Hydrocolloids, 57, 160-168. 2016.

SARKAR, A., SINGH, H. **Emulsions and foams stabilised by milk proteins.** In P. L. H. McSweeney & J. A. O'Mahony (Eds.), Advanced Dairy Chemistry (pp. 133-153): Springer New York. 2016.

SASAKI, T., YASUI, T., MATSUKI, J. **Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation, and pasting properties of starches from waxy and nonwaxy wheat and their F1 seeds.** Cereal Chem, 77, 58-63. 2000.

SCHEUER, P. M., LUCCIO, M. D., ZIBETTI, A. W., DE MIRANDA, M. Z., DE FRANCISCO, A. **Relationship between Instrumental and Sensory Texture Profile of Bread Loaves Made with Whole-Wheat Flour and Fat Replacer.** Journal of Texture Studies, 47(1), 14-23. 2015.

SCHIRMER, M., HÖCHSTÖTTER, A., JEKLE, M., ARENDT, E., BECKER, T. **Physicochemical and Morphological Characterization of Different Starches with Variable amylose/amylopectin Ratio.** Food Hydrocolloids, 32(1), 52-63. 2013.

SCHIRMER, M., JEKLE, M., BECKER, T. **Starch gelatinization and its complexity for analysis.** Starch/Staerke, 67(1-2), 30-41. 2015.

SCHRIEBER, R., GAREIS, H. **Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice.** Wiley-VCH: Weinheim, pp. 163-301. 2007.

SEMENOVA, M. G. **Thermodynamic analysis of the impact of molecular interactions on the functionality of food biopolymers in solution and in colloidal systems.** Food Hydrocolloids 21:23-45. 2007.

SHOULDERS, M. D., RAINES, R. T. **Collagen structure and stability.** Annual Review of Biochemistry, 78, 929-958. 2009.

SINGH, J., KAUR, L., MCCARTHY, O. J. **Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications - a review.** Food Hydrocolloids, 21(1), 1-22. 2007.

SINGH, N., SINGH, J., KAUR, L., SODHI, N. S., GILL, B. S. **Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources.** Food Chemistry, 81(2), 219-231. 2003.

SINGH, S., RAMA RAO, K. V., VENUGOPAL, K., MANIKANDAN, R. **Alteration in Dissolution Characteristics of Gelatin-Containing Formulations: A Review of the Problem, Test Methods, and Solutions.** Pharmaceutical Technology, 36-58. 2002.

SOARES, N. F. F., SILVA, W. A., PIRES, A. C. S., PAULA, F. S. **Texture Profile Analysis (TPA) de requeijão cremoso tradicional e requeijão cremoso light**. Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”, jul/ago, n° 357, v. 62, p. 148-154, 2007.

SOHI, H., SULTANA, Y., KHAR, R. K. **Taste masking technologies in oral pharmaceuticals: recent developments and approaches**. Drug Devevelopment and Industrial Pharmacy, v. 30, p. 429–48, 2004.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Michigan: Freeman Press, 418p. 1996.

ŠUBARIĆ, D., AČKAR, D., BABIĆ, J., SAKAČ, N., JOZINOVIĆ, A. **Modification of wheat starch with succinic acid/acetic anhydride and azelaic acid/acetic anhydride mixtures I. Thermophysical and pasting properties**. Journal of Food Science and Technology, 51(10), 2616-2623. 2012.

SWEEDMAN, M. C., TIZZOTTI, M. J., SCHÄFER, C., GILBERT, R. G. **Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: a review**. Carbohydrate Polymers, 92(1), 905-920. 2013.

TAHERI, A., BEDIAN KENARI, A. M., GILDBERG, A., BEHNAM, S. **Extraction and Physicochemical Characterization of Greater Lizardfish (Saurida tumbil) Skin and Bone Gelatin**. Journal of Food Science, 74, E160-E165. 2009.

TANDARA, L., SALAMUNIC, I. **Iron metabolism: current facts and future directions**. Biochemia Medica, v. 22, n. 3, p. 311-328, 2012.

TÁRREGA A, COSTELL E. **Colour and consistency of semi-solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements**. Journal of Food Engineering. 78(2):655–661. 2007.

TESTER, R. F., KARKALAS, J., QI, X. **Starch—composition, fine structure and architecture**. Journal of Cereal Science, 39(2), 151–165. 2004.

TORRES, O., MURRAY, B., SARKAR, A. **Emulsion microgel particles: Novel encapsulation strategy for lipophilic molecules** Trends in Food Science & Technology, 2016.

TRIPATHI, B., PLATEL, K. **Iron fortification of finger millet (Eleusine coracana) flour with EDTA and folic acid as co-fortificants**. Food Chemistry, v.126, p.537-542, 2011.

ULBRICH, M., WIESNER, I., FLÖTER, E. **Molecular characterization of acid-thinned wheat, potato and pea starches and correlation to gel properties**. Starch/Staerke. 66, 1-14. 2015.

VACA-CHAVEZ, F., HELLSTRAND, E., HALLE, B. **Hydrogen Exchange and Hydration Dynamics in Gelatin Gels**. The Journal of Physical Chemistry B, 110, 21551-21559. 2006.

VALENCIA, M. S. **Desenvolvimento de sobremesa láctea cremosa de chocolate adicionada de fruto-oligossacarídeo e Lactobacillus paracasei subsp. Paracasei** LBC 81. 69f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2015.

- VANDEPUTTE, G. E., DELCOUR, J. A. **From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch.** Carbohydrate Polymers, v. 58, p. 245-266. 2004.
- VELIKOV, K. P., PELAN, E. **Colloidal delivery systems for micronutrients and nutraceuticals.** Soft Matter, 4, 2008.
- VERBEKEN, D., BAEL, K., THAS, O., DEWETTINCK, K. **Interactions between karrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts.** International Dairy Journal, v. 16, p. 482-488. 2006.
- VIDIGAL, M. C. T. R., MINIM, V. P. R., RAMOS, A. M., CERESINO, E. B., DINIZ, M. D. M. S., CAMILLOTO, G. P., MINIM, L. A. **Effect of whey protein concentrate on texture of fat-free desserts: sensory and instrumental measurements.** Food Science and Technology, 32(2), 412–418. 2012.
- WAN, J., HU, Y., AI, T., YE, S., HUANG, Q., YANG, Q., LI, J., LI, B. **Preparation of thermo-reversible eugenol-loaded emulgel for refrigerated meat preservation.** Food Hydrocolloids. 2018.
- WANG, S. J., SHARP, P., COPELAND, L. **Structural and functional properties of starches from field peas.** Food Chem 126:1546–52. 2011.
- WATERSCHOOT, J., GOMAND, S. V., FIERENS, E., DELCOUR, J. A. **Starch blends and their physicochemical properties.** Starch/Staerke, 67(1-2), 1-13. 2015.
- WEGMULLER, R., CAMARA, F., ZIMMERMANN, M. B. **Salt dual-fortified with iodine and micronized ground ferric pyrophosphate affects iron status but not hemoglobin in children in Cote d'Ivoire.** J. Nutr. 136, 1814–1820. 2006.
- WEGMULLER, R., ZIMMERMANN, M. B., MORETTI, D., ARNOLD, M., LANGHANS, W., HURRELL, R. F. **Particle size reduction and encapsulation affect the bioavailability of ferric pyrophosphate in rats.** Journal of Nutrition, 134, 3301–3304. 2004.
- WHO. World Health Organization. **Nutritional anaemias: tools for effective prevention and control.** Geneva, p83. 2017.
- WHO. World Health Organization. **Worldwide prevalence of anemia 1993-2005.** Geneva. 2008.
- WISCHMANN, B., NORSKER, M., ADLER-NISSEN, J. **Food product models developed to evaluate starch as food ingredient.** Nahrung/Food, v. 46, p. 167 – 173, 2002.
- WOLF, F. A. **Collagen and gelatin.** In: Aalbersberg WY et al (eds) Progress in biotechnology, vol 23. Elsevier Science BV, Amsterdam, pp 133–218. 2003.
- YADAV, B. S., GULERIA, P., YADAV, R. B. **Hydrothermal modification of Indian water chestnut starch: Influence of heat-moisture treatment and annealing on the physicochemical, gelatinization and pasting characteristics.** LWT - Food Science and Technology (Campinas.), 53(1), 211-217. 2013.

YILMAZ-ERSAN, L., OZCAN, T., AKPINAR-BAYIZIT, A., MANSRI, C., TOPCUOGLU, E., KARAMAN, S., OZDEMIR, T. **The Evaluation of the Textural and Sensorial Properties of Chocolate Dairy Dessert.** *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*, 3(1), pp 9-13. 2019.

ZEEMAN, S. C., KOSSMANN, J., SMITH, A. M. **Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants.** *Annu. Rev. Plant Biol.* 61, 209e234. 2010.

ZHANG, Z., ZHANG, R., DECKER, E. A., MCCLEMENTS, D. J. **Development of food grade filled hydrogels for oral delivery of lipophilic active ingredients: pH-triggered release.** *Food Hydrocolloids*, 44, 345-352. 2015.

ZHANG, Z., ZHANG, R., TONG, Q., DECKER, E. A., MCCLEMENTS, D. J. **Food-grade filled hydrogels for oral delivery of lipophilic active ingredients: Temperature triggered release microgels.** *Food Research International*, 69, 274-280. 2015.

ZHENG, Y., LIU, Z., MO, B. **Texture Profile Analysis of Sliced Cheese in relation to Chemical Composition and Storage Temperature.** *Journal of Chemistry*, 2016.

ZHOU, P., REGENSTEIN, J. M. **Determination of Total Protein Content in Gelatin Solutions with the Lowry or Biuret Assay.** *Journal of Food Science*, 71, 474-479. 2006.

ZIMMERMANN, M. B., HILTY, F. M. **Nanocompounds of iron and zinc: their potential in nutrition.** *Nanoscale*, 3, 2390–2398. 2011.

ZIMMERMANN, M. B., WEGMUELLER, R., ZEDER, C. **Dual fortification of salt with iodine and micronized ferric pyrophosphate: a randomized, double-blind, controlled trial.** *Am. J. Clin. Nutr.* 80, 952–959. 2004.

CAPÍTULO 3: A new strategy to formulate iron-fortified flans-like desserts

MANUSCRITO**Emulgels containing ferric pyrophosphate: a promising strategy to formulate iron-fortified flans-like desserts**

Vitor Alledi da Rocha^a, Lucas de Souza Soares^a, Erica Nascif Rufino Vieira^a, Frederico Augusto Ribeiro de Barros^a, Márcia Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal^a, Jane Sélia dos Reis Coimbra^a, Eduardo Basílio de Oliveira^a.

^a Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Universitário, s/n, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brazil.

Corresponding author: eduardo.basilio@ufv.br

ABSTRACT

Fortifying food with iron mineral is a challenge for the food industry because this compound can change in color, texture and especially flavor due to the easily detectable metallic taste of consumers. In this context, this work aimed to study the application of a hybrid system, which combines gels and emulsions, the emulgels, added with ferric pyrophosphate, and evaluate them for color, texture, perception and sensory acceptability in the formulation of dairy desserts like flan. An order of complexity followed until the final product, hydrogels, emulgels and flans. For the instrumental characterization, six treatments were developed, with different starch types and presence or absence of gelatin. Mechanical characterization was evaluated by dynamic oscillatory tests and texture profile analysis (TPA). The instrumental color of the flans was evaluated (day 1-30). For the sensory analysis, six new formulations containing ferric pyrophosphate were prepared, totaling twelve formulations, which were evaluated by 87 consumers by RATA test and acceptance test. The results obtained in the mechanical characterization showed that hydrogels and flan-like desserts behaved as "strong gels", while emulgels behaved as "weak gels". The addition of gelatin strengthened the gelled network and increased the elastic characteristics of the systems. The flans were characterized by color as yellowish-white. In the RATA test, it was possible to observe the formation of four distinct groups. In the acceptance test the formulations were evaluated between terms "slightly liked" and "moderately liked" and flans-like desserts containing ferric pyrophosphate did not differ statistically from flans-like desserts containing only starch, demonstrating that flans formulated with emulgels containing ferric pyrophosphate may be an alternative to the methods commonly used in food fortification or supplementation to increase iron intake dietary. Therefore, any of the starches could be used in the formulation of flans, without the addition of gelatin, reducing production costs.

KEYWORDS: Fortification, emulgels, pyrophosphate ferric, flans, rate-all-that-apply.

ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

WS - waxy maize starch pregelatinized (~ 99% amylopectin)

SA - mix (1:1) of manioc starch and manioc starch pregelatinized (83% amylopectin)

SC - manioc starch pregelatinized (83% amylopectin)

H-WS - Starch WS hydrogel

H-SA - Starch SA hydrogel

H-SC - Starch SC hydrogel

H-WS-G - Starch WS hydrogel with gelatin

H-SA-G - Starch SA hydrogel with gelatin

H-SC-G - Starch SC hydrogel with gelatin

E-WS - Starch WS emugel

E-SA - Starch SA emugel

E-SC - Starch SC emugel

E-WS-G - Starch WS emulgel with gelatin

E-SA-G - Starch SA emulgel with gelatin

E-SC-G - Starch SC emulgel with gelatin

F-WS - Starch WS flan like-desserts

F-SA - Starch SA flan like-desserts

F-SC - Starch SC flan like-desserts

F-WS-G - Starch WS flan like-desserts with gelatin

F-SA-G - Starch SA flan like-desserts with gelatin

F-SC-G - Starch SC flan like-desserts with gelatin

F-WS-P - Starch WS flan like-desserts with ferric pyrophosphate

F-SA-P - Starch SA flan like-desserts with ferric pyrophosphate

F-SC-P - Starch SC flan like-desserts with ferric pyrophosphate

F-WS-G-P - Starch WS flan like-desserts with gelatin and ferric pyrophosphate

F-SA-G-P - Starch SA flan like-desserts with gelatin and ferric pyrophosphate

F-SC-G-P - Starch SC flan like-desserts with gelatin and ferric pyrophosphate

G' – Storage modulus (Pa)

G'' – Loss modulus (Pa)

y_o - Amplitude of the deformation

ω – Frequency (Hz)

TPA – Texture profile analysis

L^* - Luminosity

a^* - Component green-red

b^* - Component blue-yellow

h^* - Chromatic tonality

C^* - saturation index

RATA – Rate-all-that-apply test

r – Pearson correlation coefficient

1 INTRODUCTION

Foods are the main sources of vitamins and minerals necessary for a healthy metabolism, however, nowadays their consumption is not always sufficient in quality and quantity to meet physiological needs. In this case, it is necessary to resort to dietary supplements and formulations of vitamins and minerals (PAGANINI & ZIMMERMANN, 2017). In relation to iron, this is a mineral plays a crucial role in the transport of oxygen and carbon dioxide, in the activity of various enzymes involved in cellular respiration and other oxidases (MOLL & DAVIS, 2017). When the intake of this element is insufficient, a deficit occurs in the body, with the consequent reduction of red blood cell production, which characterizes iron deficiency anemia (KASSEBAUM, 2016; WHO, 2017; BASUTKAR et al., 2019).

Ferrous sulfate (FeSO_4) is the substance commonly used in the prevention and treatment of iron deficiency anemia, presenting high bioavailability, affordable cost (average \$ 284,00/ kg^3) and solubility in aqueous based formulation. However, adverse effects are reported, such as abdominal pain, diarrhea, vomiting and constipation. In addition, as it is highly reactive in water, it can cause organoleptic changes in color, taste and texture in the food matrix (OJUKWU et al., 2009; PENA-ROSAS et al., 2012; CANCELO-HIDALGO et al., 2013; MOLL & DAVIS, 2017). On the other hand, ferric pyrophosphate ($\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$) is another compound also used for the same purpose, is also affordable (average \$ 528,29³), has a lower bioavailability compared to FeSO_4 and is poorly soluble in aqueous media, which makes it difficult to insert into food formulation, but has less potential for changes in sensory characteristics during the preparation or storage of these products (HURREL, 2002; GE et al., 2016).

In this context, food industries are challenged to create new iron-containing formulations that keep organoleptic characteristics appropriate and sensory acceptability of these products. To work around this situation, the use of biopolymers with gelling properties in emulsions has been explored. After induction of continuous phase gelation is possible to obtain a hybrid system that combines the advantages of gels (lower kinetic and thermodynamic instability) and emulsions (possible carrier of hydrophobic or poorly hydrophilic compounds). The presence of a gelling agent in the continuous aqueous phase allows converting a classic emulsion into an emulgel (BONACUCINA et al., 2009).

³ Source: Source: Sigma Aldrich. Accessed October 7, 2019.

Thus, it can be hypothesized, use of emulgels potentiates the inclusion of iron salts, such as $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$, in a non-aqueous liquid phase for subsequent emulsification and gelation, allowing the delivery of a poorly compound soluble in products with texture similar to gels in food formulation (PANWAR, 2011). In this context, the present study aimed to produce and characterize flan-like desserts prepared from emulgels containing $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$, using pre-gelatinized starches (which allowed the application of the same processes for all treatments) and their partial replacement by gelatin, these biopolymers being low cost, nontoxic and widely applicable in food formulations. The choice of flans was due to the fact that they are worldwide known, generally appreciated in different countries, and easily chewable by children and the elderly. Product characterization was performed in terms of rheological and textural properties, color evaluation and two sensory approaches: acceptance test and RATA test.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

Three different types of starch: (1) waxy maize starch pregelatinized (~ 99% amylopectin, coding WS), (2) mix (1:1) of manioc starch and manioc starch pregelatinized (83% amylopectin, coding SA) and (3) manioc starch pregelatinized (83% amylopectin, coding SC) were used as a gelling agent (Fino Alimentos, Brazil). The pre-gelatinization process performed by the company was based on, a starch solution (35%) was deposited on a heated cylinder at 100 °C / 20 min. The cooked starch was dried to a residual moisture rate of 6% to 8%. The starch was then ground, sieved and packaged. Tween 20 emulsifier (Sigma Aldrich, USA), lactic acid (Alphatec, Brazil), and ferric pyrophosphate (Sigma Aldrich, USA) were of analytical grade and used without any purification process. Other ingredients were of food grade: colorless gelatin (Dr. Oetker, Brazil), sunflower oil (Salada, Brazil), condensed milk (Piracanjuba, Brazil), cream of milk (Piracanjuba, Brazil) and vanilla flavor essence (Flesichmann, Brazil). Filtered water for human consumption (Masterfrio, Brazil) was used in all cases.

2.2 Systems preparation

2.2.1 Hydrogels

Starch hydrogels and starch-gelatin hydrogels were prepared according Mun et al. (2015) with modifications. Starch suspensions (10.0% m/v) were dispersed in filtered water, heated in a thermostatic bath (Tecnal, TE-184, Brazil) at 70.0 ± 2.0 °C, and stirred for 10 min using a mechanical agitator (Marconi, MA039, Brazil) equipped with a helical propeller (210 r/m) to

prepare hydrogels. Starch pastes were placed into 50 mL conical centrifuge tubes, sealed with parafilm plastic, and stored at 4.0 ± 2.0 °C (Consul, Praticce 410, Brazil) for 24 h. For starch-gelatin suspensions preparation: starch (8.0% m/v) was added to a gelatin suspension (2.0% m/v), previously hydrated at 50.0 ± 2.0 °C for 10 min using a magnetic stirrer (Tecnal, MA085, Brazil); then, the remaining steps were similar to those described for hydrogels without gelatin.

2.2.2 Emulgels

Starch emulgels and starch-gelatin emulgels were prepared according Mun et al. (2015) with modifications. Starch suspensions (10.0% m/v) was dispersed in filtered water, heated in a thermostatic bath (Tecnal, TE-184, Brazil) at 70.0 ± 2.0 °C, and stirred for 10 min using a mechanical agitator (Marconi, MA039, Brazil) equipped with a helical propeller (210 rpm). In order to prepare emulgels, Tween 20 (2.0% v/v) and sunflower oil (20.0% v/v) were added to starch pastes, mixed during 1 min (13500 r/m; Ultra-Turrax, DI 25 Basic, Germany), and homogenized (2 min, 487.5 W, 20 kHz) using an ultrasonic processor (Sonics and Materials, VCX750, USA). Then, resulting systems were stored at 4.0 ± 2.0 °C (Consul, Praticce 410, Brazil) for 24 hours. For starch-gelatin emulgels preparation: starch (8.0% m/v) was added to a gelatin suspension (2.0% m/v), previously hydrated at 50.0 ± 2.0 °C for 10 min using a magnetic stirrer (Tecnal, MA085, Brazil); then, the remaining steps were similar to those described for emulgels without gelatin.

2.2.3 Flans-like desserts

Flans-like desserts were prepared according Simiqueli et al. (2019) with modifications. In order to prepare emulgels-based product, emulgels (13.0% v/v) prepared according to the topic 2.2.2. were used, and others ingredients were: condensed milk (45.0% v/v), milk cream (30.0% v/v), filtered water (10.0% v/v), lactic acid (1.0% v/v), and vanilla flavor essence (1.0% v/v). Then, all ingredients were mixed using an industrial stainless-steel blender (METVISA, Brazil) for 5 min. Emulgels-based products were transferred placed into 50 mL conical centrifuge tubes or to plastic cups (50 mL), sealed with plastic film, and stored at 4.0 ± 2.0 °C (Consul, Praticce 410, Brazil) for 24 h, in order to obtain a flan-like dessert.

2.3 Instrumental characterization of the systems

For all systems (hydrogels, emulgels and flans-like desserts) a factorial experiment (3x2) was carried out using a completely randomized design (CRD). The factors analyzed are: (1) the

starch type (WS, SA and SC); and (2) the presence or absence of gelatin (G). Thus, six treatments were obtained for each system and repeated three times, totaling 18 units.

2.3.1 Rheological assays

The systems were subjected to dynamic-oscillatory tests. Rheological measurements were performed using dynamic rheometer (DHR-1, TA Instruments, USA) equipped with a stainless-steel plate-plate geometry (25mm diameter; and 1mm gap), at 25.0 ± 1.0 °C (equilibrium temperature between sample and human body). Firstly, the linear viscoelastic range was estimated by performing a strain sweep (0.0125 to 10%) at a constant frequency (1.6 Hz). Secondly, frequency sweep was carried out from 0.1 to 10.0 Hz at strain amplitude = 0.125%, in accordance with the linear viscoelasticity range, for all systems. The viscoelastic behavior was evaluated by the visual inspection of mechanical spectra in terms of G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (ω).

2.3.2 Texture profile analysis (TPA)

Systems were characterized by Texture Profile Analysis (TPA) using a universal mechanical test machine (Instron, 3367, USA) equipped with 50 mm diameter probe. During this test, the probe was set to move perpendicularly on cylindrical shape sample (diameter = 50 mm; and height = 40 mm). The operating conditions were: cell = 250 N; compression = 20% of the initial height, at these levels, samples do not break (a brittleness peak does not appear in the curve) but it is still possible to obtain parameters; and penetration velocity (both cycles) = $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ (DEYPERE et al.,2009; SZWAJGIER & GUSTAW, 2015). Firmness (N), gumminess (N), cohesiveness (dimensionless), adhesiveness (J) and elasticity (mm) parameters were calculated by Blue Hill 2.0 software (Instron Inc., USA, 2005) from the force curves as a function of the time, recorded during the test. Results were presented as average \pm standard deviation.

2.3.3 Color analyses

Color instrumental analyses were performed flans-like desserts, in order to observe significant differences over the storage period and to correlate the instrumental color with the sensory color, (Hunterlab, ColorQuest XE, USA) with standart D65 illuminator and 10° observer. Samples were placed in 90 x 15 mm petri dishes, and reads considered the CIELab system (Comission Internationale de l'Eclairage). L^* (luminosity – from black = 0 to white =100), a^* (-a green (-60), +a red (+60)), and b^* (-b blue (-60), +b yellow (+60)) parameter were

recorded. Then, chromatic tonality (h^*) and chroma or saturation index (C^*) were calculated using Equations 1 and 2. Analyzes were performed on the first and thirtieth day.

$$h^* = \arctang \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

2.4 Sensory evaluation

For the sensory analysis, six new treatments were prepared (flans-like desserts containing ferric pyrophosphate in the dispersed phase of the emulgels). The factors analyzed were: (1) the starch type (WS, SA and SC); (2) the presence or absence of gelatin (G); and (3) the presence or absence of ferric pyrophosphate (P). Thus, 12 treatments were obtained. The calculation of the concentration of this salt to be added was based on the recommended daily intake (RDI) of the iron element (BRAZIL, 2005) the legislation concerning food fortification (BRAZIL, 1998) and the bioavailability of ferric pyrophosphate (WHO, 2008). Details of the calculation are show in appendix. The final value calculated was 0.036g of ferric pyrophosphate per 100 mL of sunflower oil, equivalent to about 1.0% of RDI the mineral iron.

For sensory analysis of the flan-like dessert, a randomized complete block design (RCBD) was applied with 87 blocks (judges) and 12 treatments (formulations with starch; starch and gelatin; starch and ferric pyrophosphate; starch, gelatin and ferric pyrophosphate). The sensory evaluation was performed in two sessions, due to the large number of samples thus avoiding consumer fatigue. During each, the 87 evaluators received six randomized samples (40 mL of flan placed in plastic cups), coded with a three-digit number, in individual booths, under white light, monadically and sequentially served samples, at 10.0 ± 2.0 °C.

2.4.1 Descriptive sensory analysis – Rate-all-that-apply (RATA) test

Prior to the sensory evaluation of the flans-like desserts, a focus group was held with consumers of flans in the city of Viçosa - MG - Brazil and the search in the literature of studies involving the sensory analysis of dairy desserts by the RATA method, for the descriptions of flans-like desserts. Participants were asked to try the flans and describe characteristics that encompass multiple sensory modalities (appearance, flavor, color and texture). After this evaluation, we selected the 23 terms to be used in the RATA methodology that became part of the evaluation form, being those terms descriptors the most frequent and similar in their meaning (details can be seen in appendix).

In the application of the RATA, the consumers were asked to select all the terms they deem appropriate to describe the samples and then to evaluate the intensity of the applicable terms using a structured 3-point scale ("low", "medium" and "high"), the terms considered as not applicable, received no markings (MEYNERIS et al., 2016).

2.4.2 Affective sensory analyses – Acceptance test

Simultaneously to RATA test, a hedonic scale acceptance test was performed, according to Stone & Sidel (2004). With this test, the individual expresses the degree of liking or dislike of a particular product, globally or in relation to a specific attribute. A nine points scale, varying to "liked extremely" and "liked extremely" (details can be seen in appendix). It was asked to evaluate the feelings regarding the following attributes "flavor", "color", "texture" and "overall impression".

2.5 Statistical treatment of experimental data

Statistical analyses were performed using Statistical Analysis System (SAS software, version 9.3, 2012, SAS Institute Inc.).

Rheological measurements of systems, viscoelastic behavior was evaluated by the visual inspection of mechanical spectra in terms of G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (ω).

Instrumental texture (TPA) properties results of systems were evaluated by ANOVA ($p \leq 0.05$), and by Tukey's test ($p \leq 0.05$), if significant differences would be observed. In addition, principal component analysis (PCA) was performed for the twelve flans-like desserts formulations.

Color analysis were evaluated for flans-like desserts using Student's t-test to check for significant color difference between the first and thirtieth day.

RATA tests results were analyzed by principal component analysis (PCA) from the average of the scores provided by consumers, in each attribute selected to describe the sample.

Acceptance test results were evaluated by ANOVA ($p \leq 0.05$), and by Tukey's test ($p \leq 0.05$), if significant differences would be observed.

Pearson correlation coefficient (r) was applied to describe the correlation instrumental and sensory for color and texture measurements for flans-like-desserts.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Hydrogels

3.1.1 Dynamic-oscillatory assays

Dynamic-oscillatory analyses were performed to describe the viscoelastic properties of starch and starch-gelatin hydrogels (Figure 1).

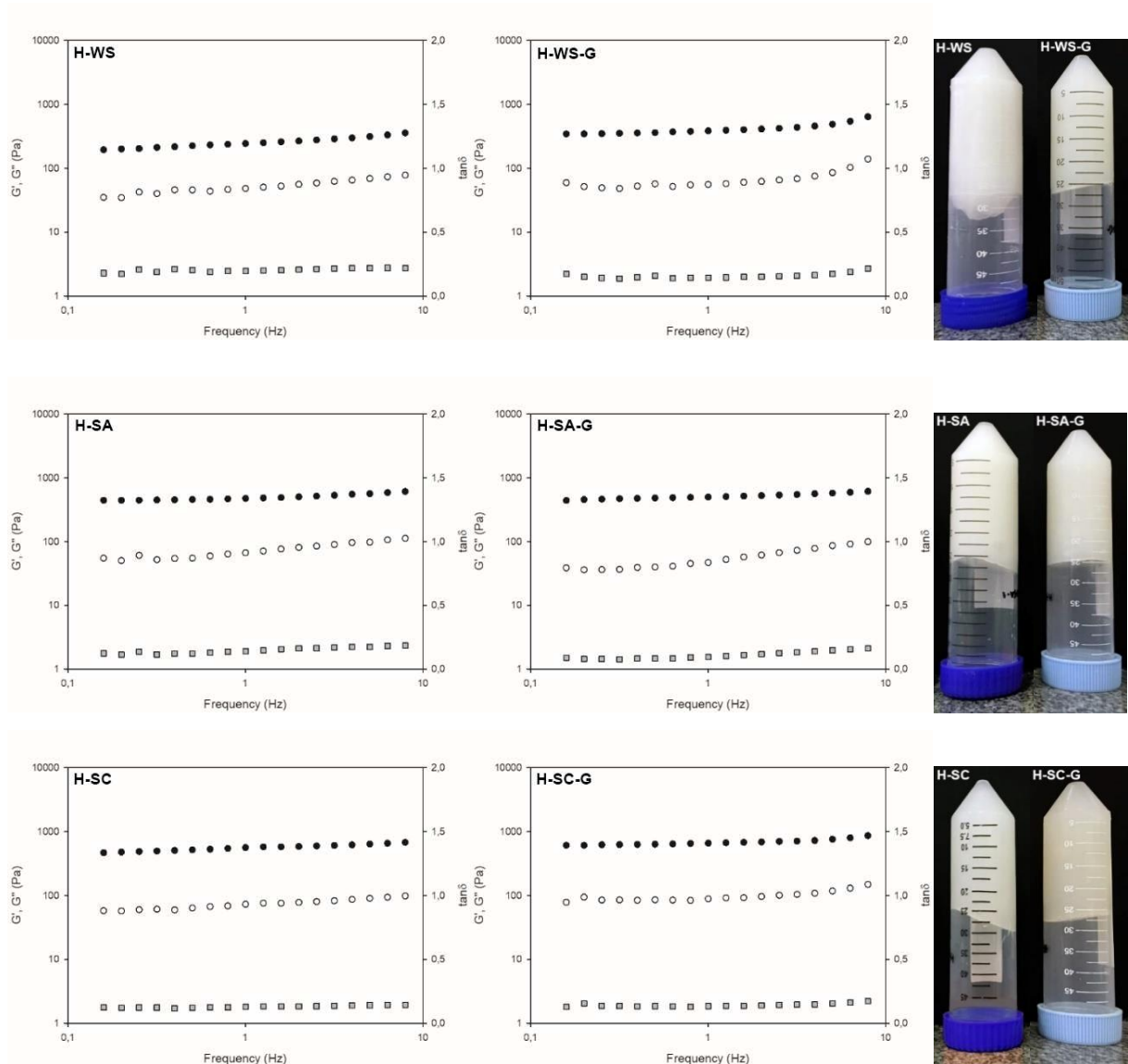


Figure 1. G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (from 0.1 to 10 Hz) for starch and starch-gelatin hydrogels. G' (\bullet), \circ (G'') and \blacksquare ($\tan \delta$) and systems photography.

Hydrogels presented $G' > G''$ values showing the predominance of the elastic component (solid character), when compared to the viscous component (fluid character). There was no expressive variation in the modules in the frequency range analyzed. Thus, all hydrogels systems could be considered as "true gels", since G' was greater than G'' (10^1 Pa), and the

values of G' and G'' did not show significant change in the frequency range studied (RAO, 2014). Then, this behavior indicates the existence of reduced molecular rearrangement in the network gel in the frequency range studied. In addition, $\tan \delta$ values were practically constant for all systems (0.01-10.0 Hz), which reinforces the observation that the modules G' and G'' presented values with little variation.

In general, the gelatin addition promoted a slight increase in G' and G'' values. This fact may be related to the formation of intermolecular hydrogen bonds between the -OH groups of the starch and NH_3^+ of the gelatin, improving the gel elastic properties (TONGDEESOONTORN et al., 2012).

Setting the value of $\tan \delta$ to 1 Hz and analyzing the values of G' and G'' of each treatment, we obtained the following results in the Table 1.

Table 1. G' and G'' values at 1 Hz frequency of hydrogels.

Treatment	G' (Pa)	G'' (Pa)	$\tan \delta$
H-WS	244,23	48,11	0,20
H-WS-G	384,33	55,73	0,14
H-SA	475,78	66,72	0,14
H-SA-G	500,27	48,82	0,10
H-SC	561,38	72,78	0,13
H-SC-G	658,36	88,54	0,13

Treatments containing SC starch (pregelatinized cassava starch) presented the highest values of the modules of G' and G'' , WS starch (waxy maize starch) presented the lowest values of the modules and starch SA (mix cassava starch and pregelatinized cassava starch) obtained intermediate values. This fact may be related to the higher amylose concentration (~ 17%) present in SA and SC starches when compared to WS starch. Amylose exerts a strong influence on starch retrogradation. During this process these molecules easily re-associate due to linearity and smaller chain size to form double helices, while amylopectin slowly recrystallizes due to the size of the molecule and its ramifications. It is hypothesized that the difference in values between G' and G'' of starch SA and SC is because SC starch is completely pregelatinized, while possible remaining granules of starch SA are still present in the hydrogel from an insufficient temperature for the starch complete gelatinization during dispersion, thus lower amylose content has been leached from the granule and a smaller amount is available for

reassociation and formation of junction zones. Regarding WS, such behavior was expected, as this type of starch is almost amylose-free (~ 1%), the formed hydrogel is presented as a viscoelastic gel with lower values of G' and G'' (CONDE-PETIT et al., 2001; SINGH et al., 2003; BEMILLER, 2011; KONG et al., 2015).

3.1.2 Texture profile analyses

Starch and starch-gelatin hydrogels were characterized by different instrumental texture profiles (Figure 2). And the mean values and their respective standard deviations are shown in Table 2.

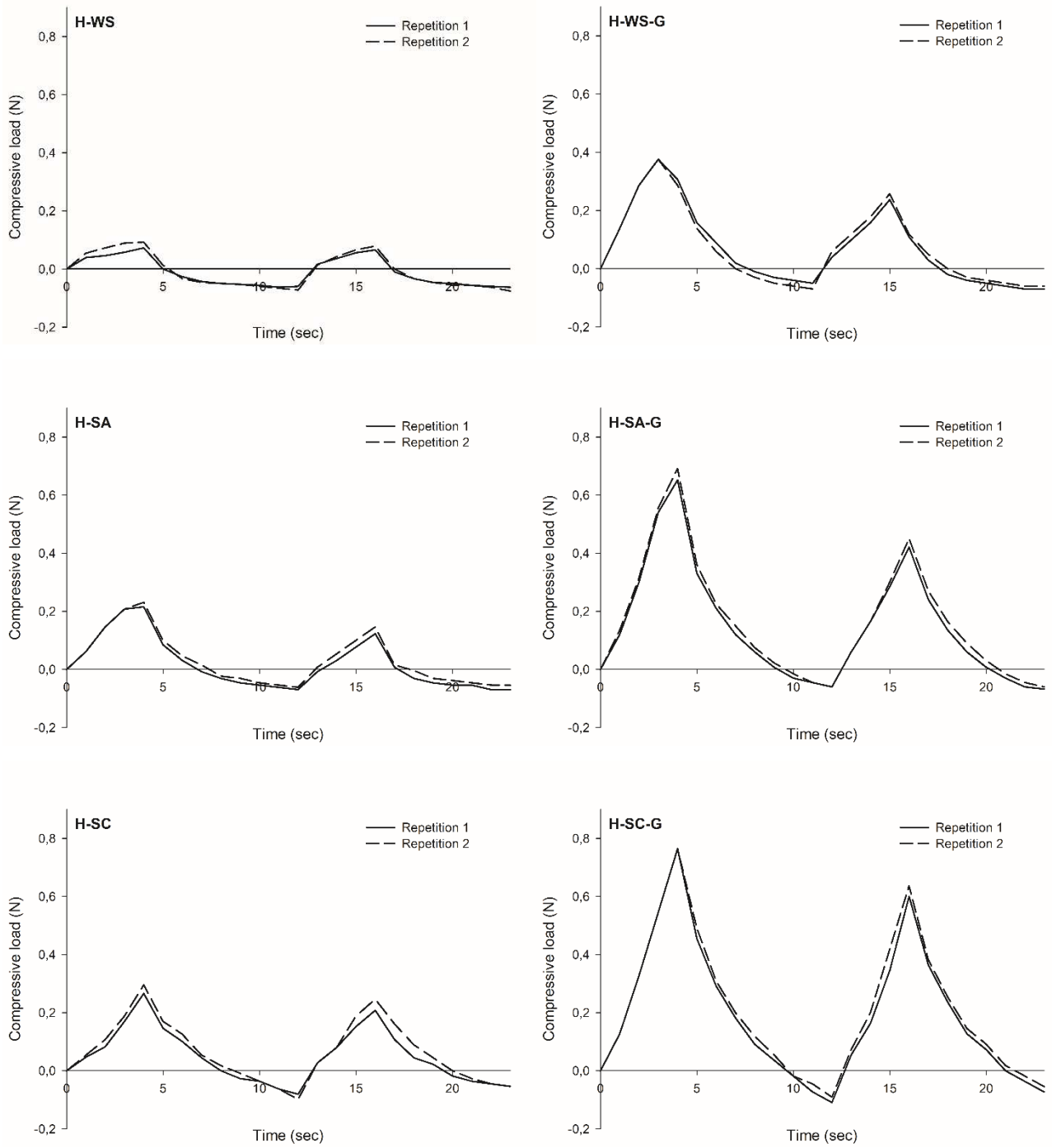


Figure 2. Instrumental texture profiles of hydrogels.

Table 2. Texture properties of hydrogels.

Treatment	Firmness (N)	Elasticity (mm)	Cohesiveness (dimensionless)	Gumminess (N)	Adhesiveness (mm)
H-WS	0.08±0.02 ^e	0.81±0.05 ^e	0.87±0.02 ^a	0.04±0.01 ^c	-0.0003±0.0001 ^a
H-WS-G	0.38±0.01 ^c	2.48±0.09 ^c	0.74±0.04 ^{bc}	0.28±0.05 ^b	-0.0004±0.0002 ^a
H-SA	0.22±0.02 ^d	1.68±0.08 ^d	0.68±0.02 ^{cd}	0.08±0.01 ^c	-0.0001±0.0001 ^a
H-SA-G	0.67±0.08 ^b	4.52±0.03 ^b	0.67±0.04 ^d	0.40±0.08 ^a	-0.0001±0.0001 ^a
H-SC	0.28±0.02 ^{cd}	2.72±0.06 ^c	0.85±0.05 ^a	0.14±0.01 ^c	-0.0003±0.0001 ^a
H-SC-G	0.76±0.01 ^a	4.98±0.13 ^a	0.84±0.03 ^{ab}	0.49±0.02 ^a	-0.0001±0.0001 ^a

Different letters in the same column represent significant differences between treatments by the Tukey test ($p < 0.05$).

The hydrogels presented significant difference ($p < 0.05$) in relation to the properties of firmness, elasticity, cohesiveness and guminess.

Physically, firmness is defined as the force required to produce a certain deformation. The H-SC-G formulation presented the highest value for this property, followed by the H-SA-G formulation, both differing statistically ($p < 0.05$) between themselves and others. According to Puvanenthiran et al., (2002), the increase of the protein concentration, leads to a modification in the texture of the gels resulting in an increase of the firmness. This behavior can be attributed to gelatin. Thus, protein addition led to greater strength required to disrupt the gel structure. This fact may be related to the formation of intermolecular hydrogen bonds between the -OH groups of the starch and NH_3^+ of the gelatin, improvising the gel elastic properties (TONGDEESOONTORN et al., 2012). H-SC did not differ statistically in relation to H-SA and H-WS-G. The H-WS formulation presented the lowest firmness property value and differed from the others, this fact may be related to the low amylose content ($\sim 1\%$) found in this type of starch, being this the main molecule involved in the retrogradation process.

Elasticity is defined as the speed at which a deformed material returns to the undeformed condition after the compressive force is removed. The H-SC-G formulation presented the highest value for elasticity, followed by the H-SA-G formulation, both differing statistically ($p < 0.05$) between themselves and others. H-SC did not differ statistically from the H-WS-G formulation, while H-SA and H-WS had the lowest values of elasticity and differed statistically between themselves and others. The addition of gelatin in the formulations increased the

elasticity property of hydrogels, this fact may be related to bonds starch-gelatin and gelatin-gelatin, favoring material recovery (WOLF, 2003).

Cohesiveness is defined as the amount of energy required to break the internal bonds of a sample. H-WS, H-SC and H-SC-G had the highest values and did not differ statistically ($p < 0.05$) in relation to this property. While H-SA and H-SA-G did not differ statistically and presented the lowest cohesiveness value and differed statistically from the other formulations. Overall, the addition of gelatin reduced the cohesiveness of the samples, this fact may be related to the easier formation of hydrogen bonds between amylose and amylopectin molecules during retrogradation.

Gumminess is defined as the strength to chew semi-solid foods until swallowing. H-SC-G and H-SA-G presented the highest values for this property and differing statistically ($p < 0.05$) from the other samples. The samples without gelatin (H-WS, H-SA and H-SC) did not differ statistically and presented the lowest values for this property. It is known that instrumentally, the guminess is the product between firmness and cohesiveness, as the addition of gelatin in the formulations increases the firmness of the gel, greater strength is required to disintegrate these samples.

Adhesiveness is physically defined as the work required to overcome the attractive forces between the surface of the food and the other surface to which it is in contact. The hydrogels no showed significant difference ($p < 0.05$) regarding the properties.

3.2 Emulgels

3.2.1 Dynamic-oscillatory assays

Dynamic-oscillatory analyses were performed to describe the viscoelastic properties of starch and starch-gelatin emulgels (Figure 3).

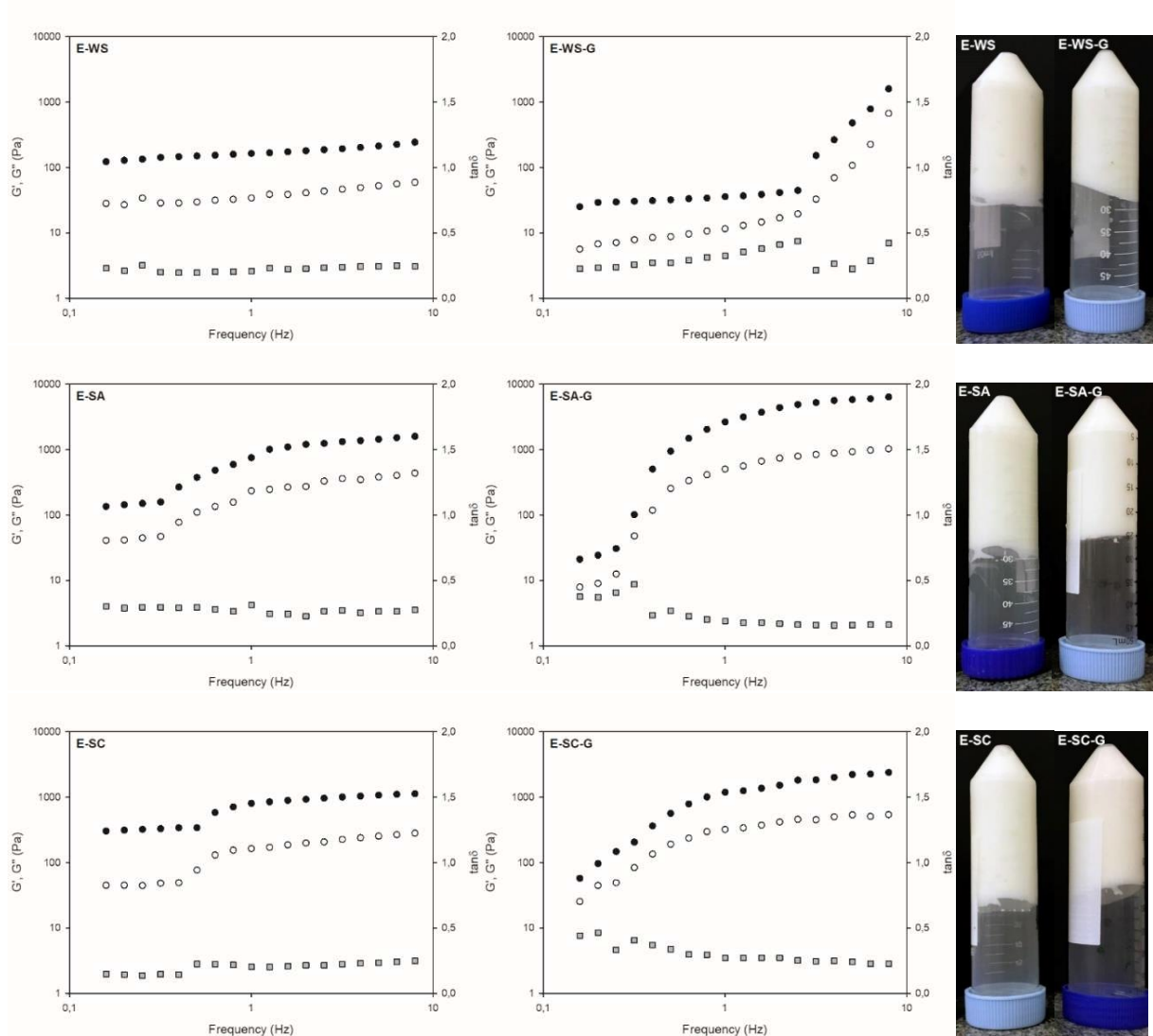


Figure 3. G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (from 0.16 to 10 Hz) for starch and starch-gelatin emulgels. G' (\bullet), \circ (G'') and \blacksquare ($\tan \delta$) and systems photography.

For all cases, $G' > G''$ values were observed, these results show the predominance of the elastic component (solid character), when compared to the viscous component (fluid character). However, G' and G'' values were increased as the frequency increased (frequency > 0.4 Hz). In addition, a smaller difference in G' and G'' magnitude ($< 10^1$) suggests a relaxation process in the material structure, which may indicate their behavior as “weak gels” (SWORN, 2009; XU et al., 2013; RAO, 2014; VILGIS, 2015).

Lower values were presented in modules elastic (G') and viscous (G'') of emulgels, when compared to hydrogels counterparts, at frequency values < 0.4 Hz. These observations may be associated to oily phase (sunflower oil, 20% v/v) added to systems. When lipids are added, amylose and lipids interact with each other and simultaneously form amylose-lipid complexes.

The hydroxyl groups of glucose residues are directed to the outer surface of the helix, while the inner cavity forms a hydrophobic region. Hydrophobic complexing reagents (such as fatty acids) can remain within the helix through van de Waals forces between lipids and adjacent amylose carbon-hydrogen (ZHOU et al., 2007). Due to the formation of such strong stable complexes, they suppress the formation and crosslinking of double helical structure between the amylose molecules. At the same time, the presence of these complexes limits and restricts the mobility of amylose, so their dissolution in water is reduced (BECKER et al., 2001). Therefore, the addition of oil in these systems can effectively restrict amylose retrogradation.

This behavior was not observed for treatment E-WS, keeping G' and G'' constant in the frequency range (0.1 – 10.0 Hz) studied. This fact may be related to the waxy starch and its high content of amylopectin (~99%). Amylopectin has a limited ability to interact with lipids (AI et al., 2013; WANG et al., 2016), this is due to its short-branched chains and the large steric effects of amylopectin, which could prevent sufficient contacts between amylopectin and lipids (WANG et al., 2016).

Regarding systems containing gelatin, lower G' and G'' values were observed at lower frequencies (<0.4 Hz) when compared to systems without gelatin addition. This fact may be related to possible interactions between starch-gelatin-lipid, since this behavior was not observed in starch-gelatin hydrogels. Ribbota et al. (2007), studied the addition of soy protein isolate to wheat starch gels and verified the formation of weaker gels, gel retrogradation was delayed during the storage period, indicating that proteins can interact rapidly with amylose and exposed branches of amylopectin via non-covalent bonds, such as hydrogen bonds. However, Yang et al. (2004), found that the addition of whey protein to wheat starch gels increased gel strength, probably due to hydrophobic linkages of protein-protein interactions during cooling and due to the effect of protein dilution in the formation of hydrogen bonds between starch and water.

In addition, the addition of emulsifiers in the systems may have contributed to retarding starch retraction and formation of weak gels. This effect can be attributed to the formation of amylose-emulsifier complexes, as mentioned earlier, amylose-lipid. Gelatinized amylose is believed not to be linear. Intramolecular hydrogen bonds form an alpha-helix structure. A hydrophobic cavity in the structure of this alpha helix, where hydrophobic groups of the emulsifier connect, forming strong and stable complexes. Thus, the dissolution of amylose decreases and delays retrograde (ZHOU et al., 2007).

The increase in G' and G'' values as a function of the frequency can be explained by the lower structuration of emulgel system. Thus, emulgels could be more susceptible to molecular alterations (TORRES et al., 2016; MARTINS et al., 2019).

3.2.2 Texture profile analyses

Starch and starch-gelatin emulgels were characterized by different instrumental texture profiles (Figure 4). And the mean values and their respective standard deviations are shown in Table 3.

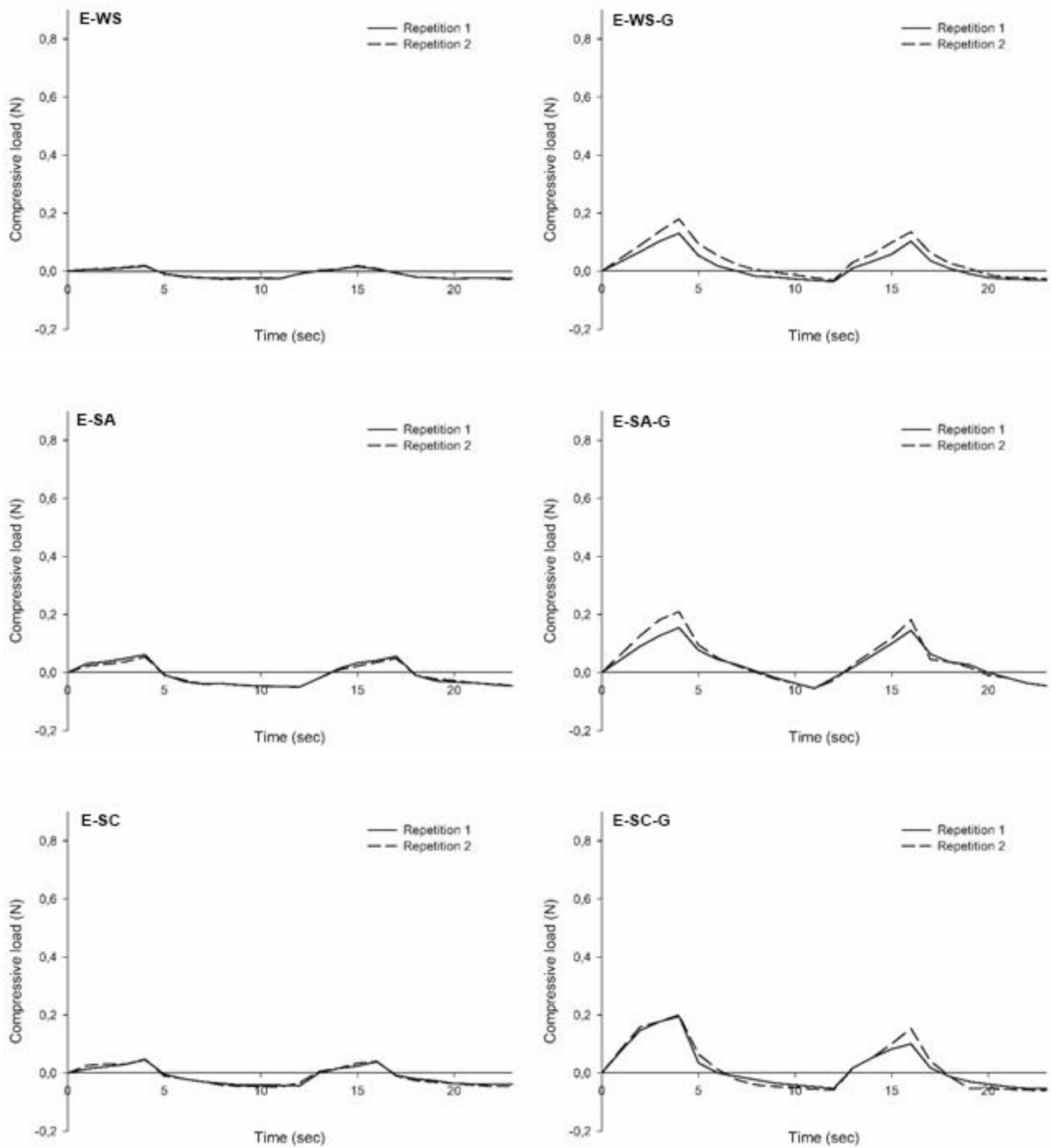


Figure 4. Instrumental texture profiles of emulgels.

Table 3. Texture properties of emulgels.

Treatment	Firmness (N)	Elasticity (mm)	Cohesiveness (dimensionless)	Gumminess (N)	Adhesiveness(mm)
E-WS	0.02±0.01 ^d	0.22±0.47 ^f	0.87±0.01 ^c	0.02±0.04 ^a	-0.0002±0.0001 ^a
E-WS-G	0.16±0.03 ^b	0.89±0.19 ^c	0.64±0.17 ^e	0.10±0.03 ^a	-0.0001±0.0001 ^a
E-SA	0.04±0.01 ^d	0.61±0.25 ^d	0.93±0.04 ^b	0.04±0.01 ^a	-0.0003±0.0001 ^a
E-SA-G	0.18±0.03 ^{ab}	2.32±0.49 ^a	0.73±0.01 ^d	0.13±0.01 ^a	-0.0001±0.0001 ^a
E-SC	0.05±0.01 ^c	0.44±0.32 ^c	0.96±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	-0.0002±0.0001 ^a
E-SC-G	0.19±0.01 ^a	1.49±0.54 ^b	0.88±0.04 ^c	0.08±0.01 ^a	-0.0002±0.0001 ^a

Different letters in the same column represent significant differences between treatments by the Tukey test ($p < 0.05$).

Emulgels did not differ statistically ($p < 0.05$) in relation to the properties of gumminess and adhesiveness. However, there was a significant difference for the properties of firmness, elasticity and cohesiveness.

Regarding firmness property, E-SC-G did not differ statistically from E-SA-G, but it differed from the others. E-SA-G and E-WS-G did not differ statistically. The same is observed for E-SA and E-SC, which did not differ from each other. While E-WS had the lowest value, differing statistically from other samples. As observed in hydrogels, the increase of the protein concentration, leads to a modification in the texture of the gels resulting in an increase of the firmness, this behavior can be attributed to gelatin. Thus, protein addition led to greater strength required to disrupt the gel structure. This fact may be related to the formation of intermolecular hydrogen bonds between the -OH groups of the starch and NH_3^+ of the gelatin, improving the gel elastic properties (TONGDEESOONTORN et al., 2012). The H-WS formulation presented the lowest firmness property value and differed from the others, this fact may be related to the low amylose content (~ 1%) found in this type of starch, being this the main molecule involved in the retrogradation process.

Regarding elasticity, all samples differed statistically ($p < 0.05$) from each other. Following decreasing order E-SA-G > E-SC-G > E-WS-G > E-SA > E-SC > E-WS. It is observed that the addition of gelatin in the formulations increased the elasticity property of hydrogels, this fact may be related to bonds starch-gelatin and gelatin-gelatin, favoring material recovery (WOLF, 2003).

The E-SC formulation presented the highest cohesiveness property value and significant difference ($p < 0.05$) in relation to the other samples. While E-WS-G presented the lowest value and differed statistically from the other samples. Overall, the addition of gelatin reduced the cohesiveness of the samples, this fact may be related to the easier formation of hydrogen bonds between amylose and amylopectin molecules during retrogradation.

3.3 Flans-like desserts

3.3.1 Dynamic-oscillatory assays

Dynamic-oscillatory analyses were performed to describe the viscoelastic properties of starch and starch-gelatin flans-like (Figure 5).

Flans-like desserts presented $G' > G''$ values showing the predominance of the elastic component (solid character), when compared to the viscous component (fluid character). There was no expressive variation in the modules in the frequency range analyzed. Thus, all flans-like desserts could be considered as "true gels" and the values of G' and G'' did not show significant change in the frequency range studied (RAO, 2014). Then, this behavior indicates the existence of reduced molecular rearrangement in the network gel in the frequency range studied. In addition, $\tan \delta$ values were practically constant for all systems (0.01-10.0 Hz), which reinforces the observation that the modules G' and G'' presented values with little variation.

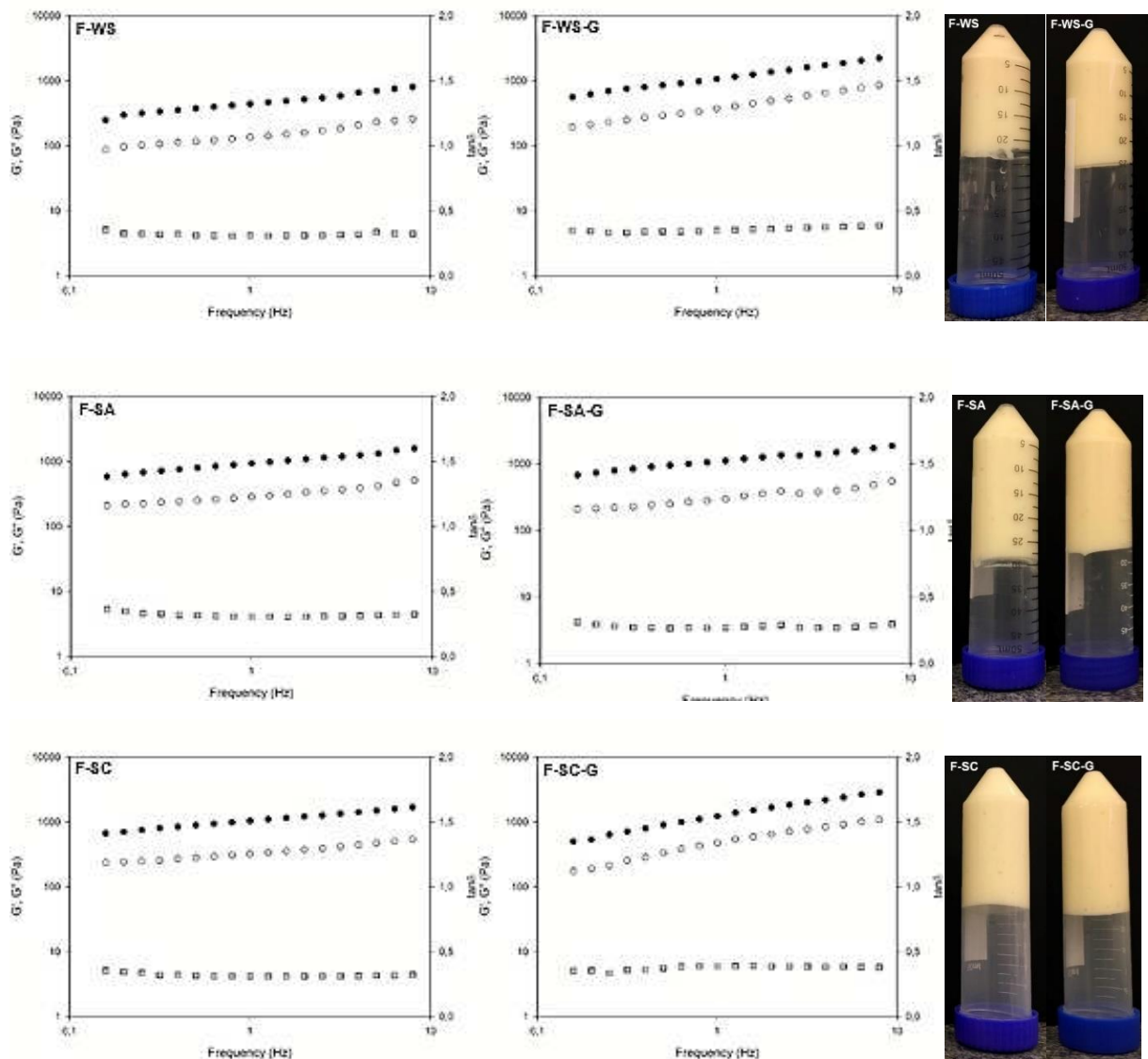


Figure 5. G' , G'' and $\tan \delta$ as a function of the frequency (from 0.1 to 10 Hz) for flans like-desserts. G' (●), ○ (G'') and ■ ($\tan \delta$) and systems photography.

Setting the value of $\tan \delta$ to 1 Hz and analyzing the values of G' and G'' of each treatment, we obtained the following results in the table 4.

Table 4. G' and G'' values at 1Hz frequency for flans-like desserts.

Treatment	G' (Pa)	G'' (Pa)	tanδ
F-WS	437.62	134.23	0.31
F-WS-G	1055.51	367.15	0.35
F-SA	923.91	282.10	0.31
F-SA-G	1102.43	295.89	0.27
F-SC	1033.19	318.34	0.31
F-SC-G	1216.34	470.19	0.39

In general, the gelatin addition promoted a slight increase in G' and G'' values. This fact may be related to the formation of intermolecular hydrogen bonds between the -OH groups of the starch and NH₃⁺ of the gelatin, improving the gel elastic properties (TONGDEESOONTORN et al., 2012).

The formulation containing only WS starch presented the lowest values of G' and G'' at a frequency value of 1 Hz when compared to formulations containing starch SA and SC, this fact may be related to the lower amylose content (~ 1%) and consequently less tendency to retrograde (KONG et al., 2015). The higher value of G' and G'' SC when compared to SA may be due to SC starch being completely gelatinized.

Contrary to what is observed in emulgel-systems, flans-like desserts can be considered strong gels, even containing the oily fraction and presence of emulsifier. This may be related to lower emulgel concentration in the system (13% v/v) as compared to other constituents in the formulation, such as condensed milk (45% v/v), milk cream (30% v/v) and lactic acid (2% v/v). Milk proteins are divided into two major classes, 80% casein and 20% whey protein (45-57% β -lactoglobulin and 15-25% α -lactalbumin, and others in smaller quantities). When acidifying the system these proteins approach the isoelectric point (casein ~ 4,6; β -lactoglobulin ~ 5,2; α -lactalbumin ~ 4,3), pH at which the net charge of the molecules is zero, reducing the repulsive electrostatic forces of proteins, bringing them closer together, where hydrophobic interactions act as the main aggregating and gelling forces (ABD EEL-SALAM & EL-SHIBINY, 2015).

3.3.2 Texture profile analyses

Flans-like desserts were characterized by different instrumental texture profiles (Figure 6). And the mean values and their respective standard deviations are shown in Table 5.

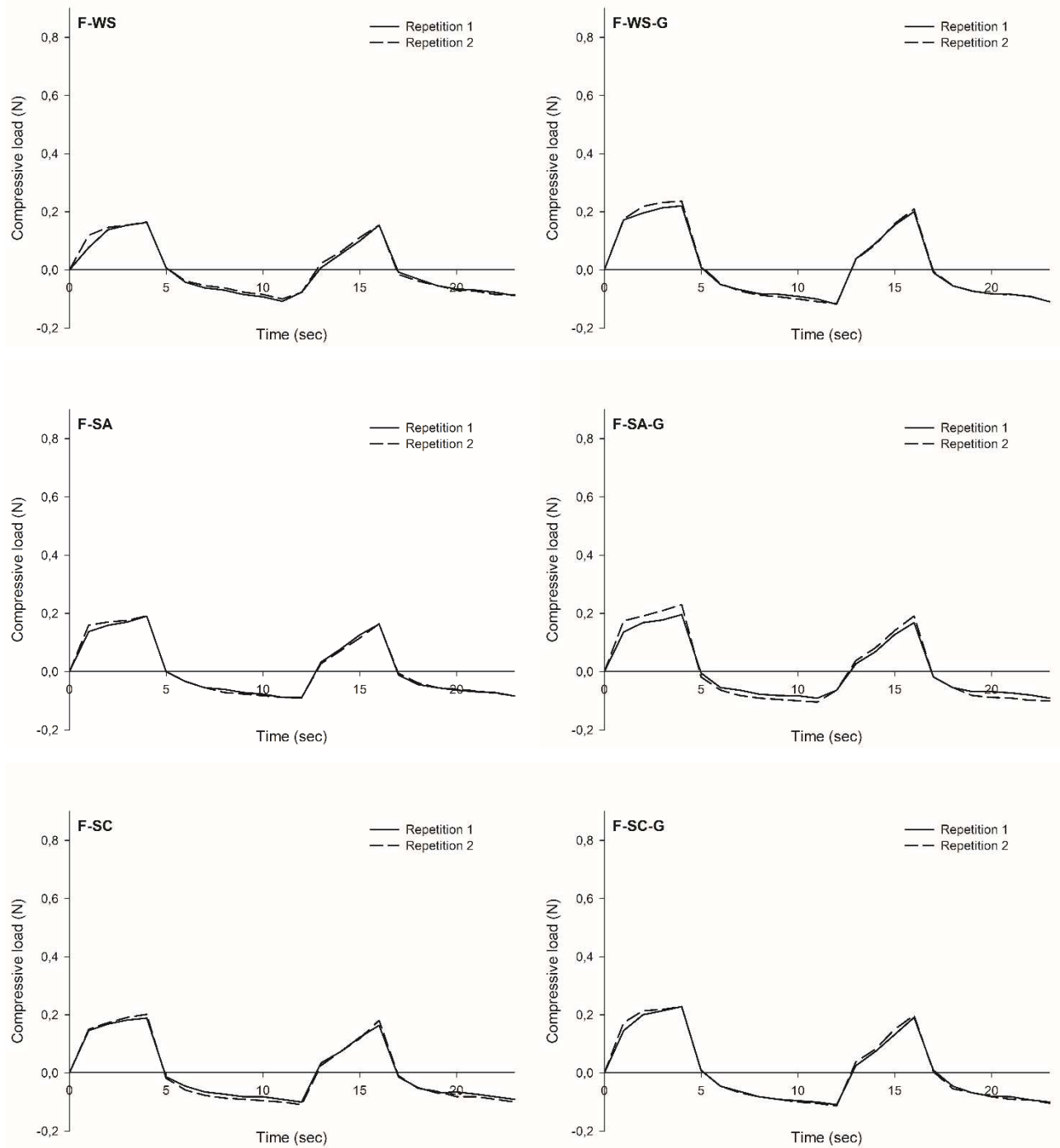


Figure 6. Instrumental texture profiles of flans-like desserts.

Table 5. Texture properties of flans-like desserts.

Treatment	Firmness (N)	Elasticity (mm)	Cohesiveness (dimensionless)	Gumminess (N)	Adhesiveness (mm)
F-WS	0.16±0.01 ^b	1.81±0.19 ^a	0.89±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a	-0.0004±0.0001 ^a
F-WS-G	0.23±0.01 ^a	3.10±0.17 ^a	0.86±0.01 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	-0.0005±0.0001 ^a
F-SA	0.19±0.01 ^{ab}	2.29±0.34 ^a	0.84±0.01 ^{bc}	0.09±0.01 ^a	-0.0005±0.0001 ^a
F-SA-G	0.21±0.02 ^a	2.81±0.74 ^a	0.81±0.01 ^c	0.09±0.01 ^a	-0.0005±0.0001 ^a
F-SC	0.20±0.01 ^{ab}	2.59±0.33 ^a	0.85±0.01 ^{abc}	0.09±0.01 ^a	-0.0005±0.0001 ^a
F-SC-G	0.23±0.01 ^a	3.13±0.06 ^a	0.82±0.02 ^{bc}	0.10±0.01 ^a	-0.0005±0.0001 ^a

Different letters in the same column represent significant differences between treatments by the Tukey test ($p < 0.05$).

The six flans formulations no differed statistically from each other ($p < 0.05$) regarding elastic, gumminess and adhesiveness. There was a significant difference ($p < 0.05$) between firmness and cohesiveness properties.

Formulations containing gelatin (F-WS-G, F-SA-G and F-SC-G) did not differ significantly ($p < 0.05$) from formulations containing only starch SA and SC for firmness property. This implies a possible reduction of raw material and cost for flan-like desserts formulation. However, this was not observed for formulation containing only starch WS, this formulation differed statistically ($p < 0.05$) from formulations containing gelatin, this fact may be related to the starch used, which in the case is waxy starch. This type of starch has a high content of amylopectin (~99%), therefore has a lower tendency to retrograde and consequently forms a weak gel (MORITA et al., 2002).

F-WS, F-WS-G and F-SC differed statistically ($p < 0.05$) F-SA, F-SA-G and F-SC-G for cohesiveness property. While F-SA-G presented the lowest value and differed statistically ($p < 0.05$) from the formulations F-WS and F-WS-G. When analyzing the pairs of the treatments (formulations containing the same type of starch with or without gelatin), can be observed that the formulations without gelatin presents higher values of cohesiveness, this fact may be related to the easier formation of hydrogen bonds between amylose and amylopectin molecules during retrogradation, forming a more cohesive structure when compared to gelatin containing formulations.

The mean values of instrumental texture property were also analyzed by Principal Component Analysis (PCA). Figure 7 A-B shows the spatial arrangement of the samples and

the correlation of the instrumental texture property with respect to the two main components. The first principal component accounted for 99.77% and the second principal component accounted for 0.23% of the total data change, being sufficient to discriminate the samples.

The formulations added gelatin, located to the right of Figure 7A, present higher properties firmness, elasticity and gumminess (Figure 7B). According to Puvanenthiran et al. (2002), the increase of the protein concentration, leads to a modification in the texture of the gels resulting in an increase of the firmness. This behavior can be attributed to gelatin. Thus, protein addition led to greater strength required to disrupt the gel structure. While formulation containing only starch (Figure 7A) present higher properties cohesiveness and adhesiveness (Figure 7B), associated with higher starch retrogradation. As the second main component explains 0.23% of the total data variation and is mainly related to the cohesiveness and adhesiveness properties present in formulations absent gelatin.

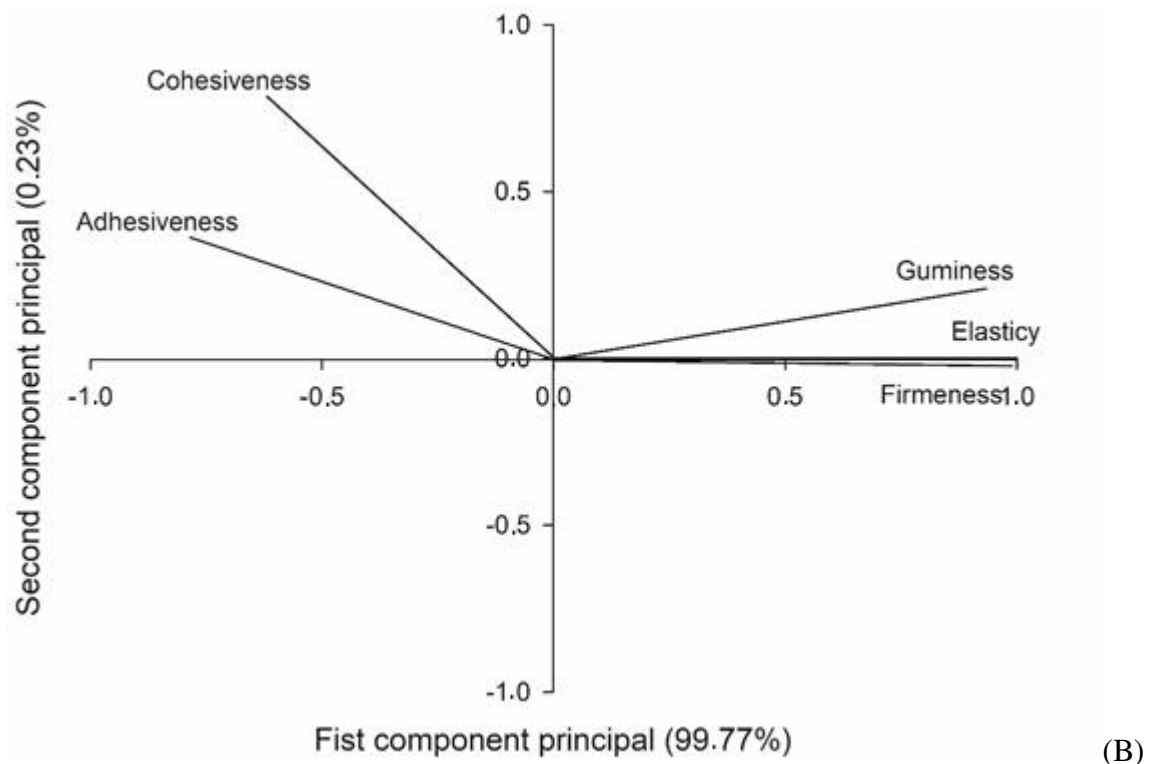
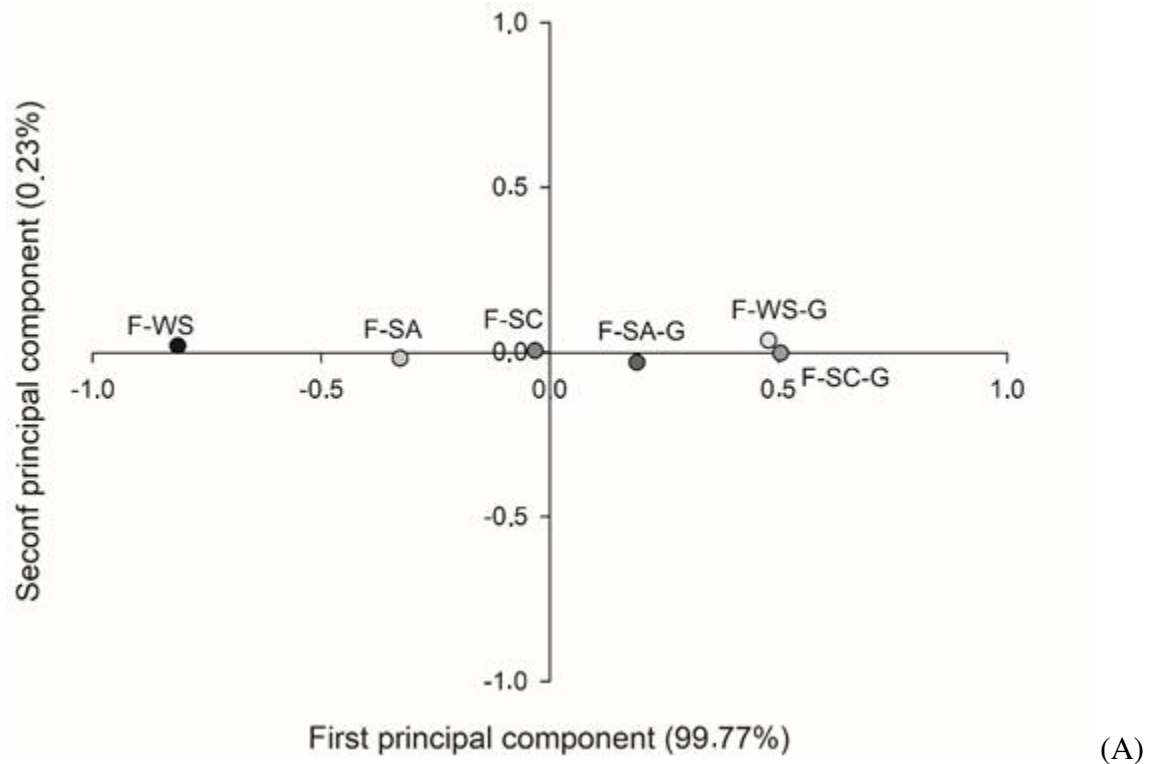


Figure 7. Dispersal of flans-like dessert in relation to the first two main components (A) and correlation of the parameters of instrumental texture in relation to the first two principals components (B).

3.3.3 Color instrumental analyses

The parameters L^* , a^* , b^* , h^* e C^* of the flans-like desserts over the 30 days are showed in Table 6.

The flans-like desserts presented luminosity values (L^*) ranging from 79.68 to 72.77; green-red component (a^*) -1.09 to -0.81; blue-yellow component (b^*) 10.14 to 9.10; chromatic hue (h^*) -1.46 to -1.49; and chroma or saturation index (C^*) 10.37 to 9.13. The formulations showed high luminosity, with the predominance of the yellow component (b^*) on the green component (a^*), whose contribution in color was very small with very low values, indicating the yellowish white color characteristic of flans-like desserts.

All flans-like desserts differed statistically by student's t-test ($p < 0.05$) from the first and thirtieth day. Throughout the storage period all flans showed a similar behavior regarding color parameters. Decrease L^* , b^* , C^* and h^* ; and increase a^* . This fact may be associated with starch retrogradation, promotes water intermolecular interactions with amylose and/or amylopectin (BERTOLINI, 2010). During retrogradation, amylose molecules associate with other glucose units to form a double helix, while amylopectin molecules recrystallize more slowly by association of their chains (SINGH et al., 2003). Therefore, it is believed that the period 30-day storage was sufficient for amylopectin retrogradation to occur, giving flans an opaquer characteristic.

Table 6. Instrumental color of flans-like desserts.

Treatment	Parameter	Day	
		1	30
F-WS	L*	79.14±0.02*	75.34±0.03
	a*	-1.07±0.02*	-0.95±0.02
	b*	9.84±0.02*	9.23±0.02
	h*	-1.46±0.01*	-1.47±0.01
	C*	9.90±0.02*	9.28±0.02
F-WS-G	L*	77.21±0.02*	72.77±0.03
	a*	-1.08±0.02*	-0.89±0.02
	b*	10.06±0.04*	9.74±0.02
	h*	-1.46±0.01*	-1.48±0.01
	C*	10.11±0.04*	9.78±0.02
F-SA	L*	78.28±0.03*	72.99±0.02
	a*	-1.09±0.02*	-0.93±0.03
	b*	10.31±0.01*	9.98±0.02
	h*	-1.47±0.01*	-1.48±0.01
	C*	10.37±0.01*	10.02±0.02
F-SA-G	L*	78.74±0.14*	73.04±0.05
	a*	-0.97±0.02*	-0.82±0.02
	b*	10.04±0.01*	9.63±0.02
	h*	-1.47±0.01*	-1.49±0.01
	C*	10.09±0.01*	9.66±0.02
F-SC	L*	79.68±0.03*	74.21±0.02
	a*	-0.96±0.01*	-0.81±0.02
	b*	10.14±0.03*	9.10±0.01
	h*	-1.48±0.01*	-1.49±0.01
	C*	10.19±0.03*	9.13±0.01
F-SC-G	L*	78.57±0.04*	73.09±0.07
	a*	-1.04±0.05*	-0.84±0.04
	b*	10.14±0.04*	9.73±0.03
	h*	-1.47±0.01*	-1.49±0.01
	C*	10.19±0.04*	9.77±0.03

* Significant difference by student's t-test (p<0.05).

3.3.4 Rate-all-that-apply

The mean values of the descriptor terms of the flans applied in the RATA test were analyzed by Principal Component Analysis (PCA). Figure 8 A-B shows the spatial arrangement of the samples and the correlation of the descriptor terms with respect to the two major components. The first principal component accounted for 44.43%, the second principal component explained 32.79%. Therefore, together they explained 77.22% of the total data variation, being sufficient to discriminate the samples.

The attributes “sweet taste”, “acid taste”, “soft”, “vanilla flavor”, “yellow color”, “white color”, “presence of particles”, “vanilla aroma”, “milk flavor”, “milk aroma”, “adhesiveness”, “bright”, and “frosted” showed correlation values $|\leq 0.7|$, this means whereas, these attributes were indicated as a flan descriptor term little or no time, or were present in all samples. Thus, considering only the terms descriptors of higher correlation $> |0.7|$ (“creamy”, “consistent”, “firm”, “metallic flavor”, “homogeneous”, “pleasant flavor”, “bad flavor”, “residual metallic flavor”, “light” and “dense”) relative to the first and/or second principal component. (The correlation of all the terms descriptors in relation to the two principal components is presented in appendix).

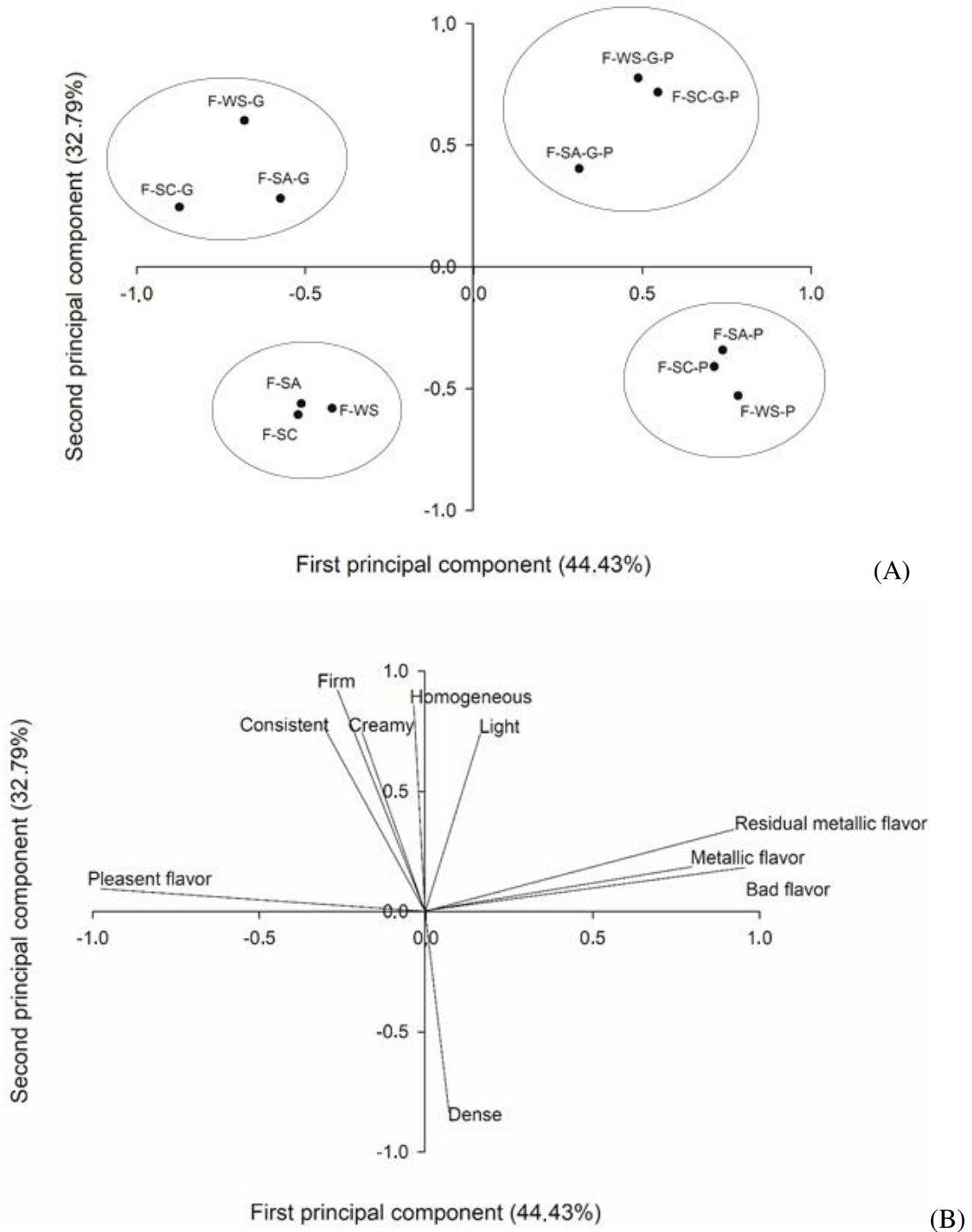


Figure 8. Dispersal of the flans in relation to the first two principal components (A) and correlation of the terms most relevant descriptors in relation to the first two principal components (B).

The spatial separation of the twelve flans-like dessert formulations indicates the formation of four different groups: a group formed by samples containing only starch (F-WS,

F-SA and F-SC), containing starch and gelatin (F-WS-G, F-SA-G and F-SC-G), containing starch and ferric pyrophosphate (F-WS-P, F-SA-P and F-SC-P), and containing starch, gelatin and ferric pyrophosphate (F-WS-G-P, F-SA-G-P and F-SC-G-P) (Figure 8A). Therefore, consumers can discriminate the samples according to the factors studied.

In figure 8B, correlations between the main terms descriptors of the flans and the first two principal components are presented. In this graph, each sensory attribute is represented by a vector.

Figure 8B suggest that the attributes “metallic flavor”, “bad flavor” and “residual metallic flavor” (higher positive correlations with the first major component) are present in higher intensity in formulations containing ferric pyrophosphate (F-WS-P, F-SA-P, F-SC-P, F-WS-GP, F-SA-GP and F-SC-GP), as they were located to the right of Figure 8A (positive side of the horizontal axis). The formulations without the addition of ferric pyrophosphate (F-WS, F-SA, F-SC, F-WS-G, F-SA-G and F-SC-G) located in the negative side of the horizontal axis are correlated to the pleasant flavor attribute (higher negative correlation with the first component). As the first principal component accounts for 44.43% of the variances, this fact demonstrates that the consumers were able to detect the presence of the ferric pyrophosphate in the formulations.

The attributes “consistent”, “firm”, “creamy”, “homogeneous” and “light” (high positive correlation with the second main component) are present at a higher intensity in formulations containing gelatin (F-WS-G, F-SA-G, F-SC-G, F-WS-G-P, F-SA-G-P and F-SC-G-P), as they were located at the top of the chart. While the formulations absent of the gelatin (F-WS, F-SA, F-SC, F-WS-P, F-SA-P and F-SC-P) located at the bottom of the graph correlate with the attribute “dense”. The “consistent” and “firm” parameters are directly related to the presence of gelatin in the formulations, due to a reinforcement in the gel network of the starch. The “homogenous”, “creamy” and “light” parameters may be attributed to lower starch concentration in the formulations, reducing the presence of remaining granules. The “dense” parameter correlated with without gelatin formulations, this fact may be associated with a highest realignment of the amylose and amylopectin chains during retrogradation, forming a more cohesive structure.

3.3.5 Acceptance test

The mean results and standard deviation of the flavor, color, texture and overall impression parameters for the flans are presented in Table 7.

Table 7. Mean values and standard deviation for the sensory parameters evaluated in the acceptance test.

Treatment	Flavor	Color	Texture	Overall impression
F-WS	6.91±1.78 ^{abc}	6.59±1.54 ^a	6.47±1.78 ^{bc}	6.86±1.65 ^{abc}
F-SA	6.95±1.53 ^{abc}	6.84±1.50 ^a	6.89±1.46 ^{abc}	6.80±1.52 ^{abc}
F-SC	6.92±1.78 ^{abc}	6.68±1.50 ^a	6.16±1.72 ^c	6.80±1.70 ^{abc}
F-WS-G	7.24±1.54 ^a	7.23±1.47 ^a	7.33±1.51 ^a	7.17±1.57 ^a
F-SA-G	7.14±1.69 ^a	7.03±1.51 ^a	7.23±1.58 ^{ab}	7.15±1.78 ^a
F-SC-G	7.03±1.72 ^{ab}	6.87±1.59 ^a	6.91±1.53 ^{abc}	7.00±1.59 ^{ab}
F-WS-P	6.14±1.86 ^c	6.97±1.33 ^a	6.32±1.44 ^c	6.28±1.65 ^{bc}
F-SA-P	6.14±2.04 ^c	6.78±1.73 ^a	6.33±1.54 ^c	6.22±1.98 ^{bc}
F-SC-P	6.13±1.83 ^c	6.90±1.38 ^a	6.28±1.78 ^c	6.26±1.63 ^{bc}
F-WS-G-P	6.15±2.09 ^{bc}	6.84±1.61 ^a	7.21±1.61 ^{ab}	6.28±1.96 ^{bc}
F-SA-G-P	6.22±2.05 ^{bc}	6.76±1.64 ^a	7.24±1.82 ^{ab}	6.26±1.81 ^{bc}
F-SC-G-P	6.18±1.58 ^{bc}	6.83±1.5 ^a	6.93±1.41 ^{abc}	6.09±1.37 ^c

Different letters in the same column represent significant differences between treatments by the Tukey test ($p < 0.05$).

Flans-like dessert were classified by most consumers with the hedonic terms "like slightly" and "like moderately".

For attribute "flavor" a significant difference by Tukey test ($p < 0.05$), formulations F-WS-G and F-SA-G were the best evaluated and did not differ from each other but differed from formulations containing ferric pyrophosphate. This fact demonstrates that the addition of ferric pyrophosphate in the formulations was a crucial factor for the flavor acceptance of dairy desserts and that consumers were able to detect the presence of this salt. When evaluating formulations containing only starch; starch and ferric pyrophosphate; and starch, gelatin and ferric pyrophosphate, it was observed that there was no significant difference between them, which shows us a positive point, which regardless of the gelling agent used and the absence or presence of ferric pyrophosphate the dairy desserts were well accepted for flavor.

For the attribute "color" the formulations did not differ significantly ($p < 0.05$), this shows that, statistically, the type of starch, the presence of gelatin or ferric pyrophosphate, did not affect the color attribute of the flans consumed after one day of preparation.

For the attribute “texture”, the formulations F-WS-G, F-SA-G, F-WS-G-P and F-SA-G-P differed statistically ($p < 0.05$) from the formulations F-SC, F-WS-P, F-SA-P, F-SC-P. This shows that consumers preferred firmer dairy desserts, a characteristic acquired by the addition of gelatin to the formulations.

Regarding “overall impression”, the formulations F-WS-G and F-SA-G differed statistically ($p < 0.05$) from formulations containing ferric pyrophosphate. This shows that the iron added in the formulations had a negative impact on the final acceptance of the products.

The results of sensory acceptability regarding the approval, indifference, and rejection of the twelve flan-like desserts formulations in relation to flavor, color, texture and overall impression are shown in Figure 9.

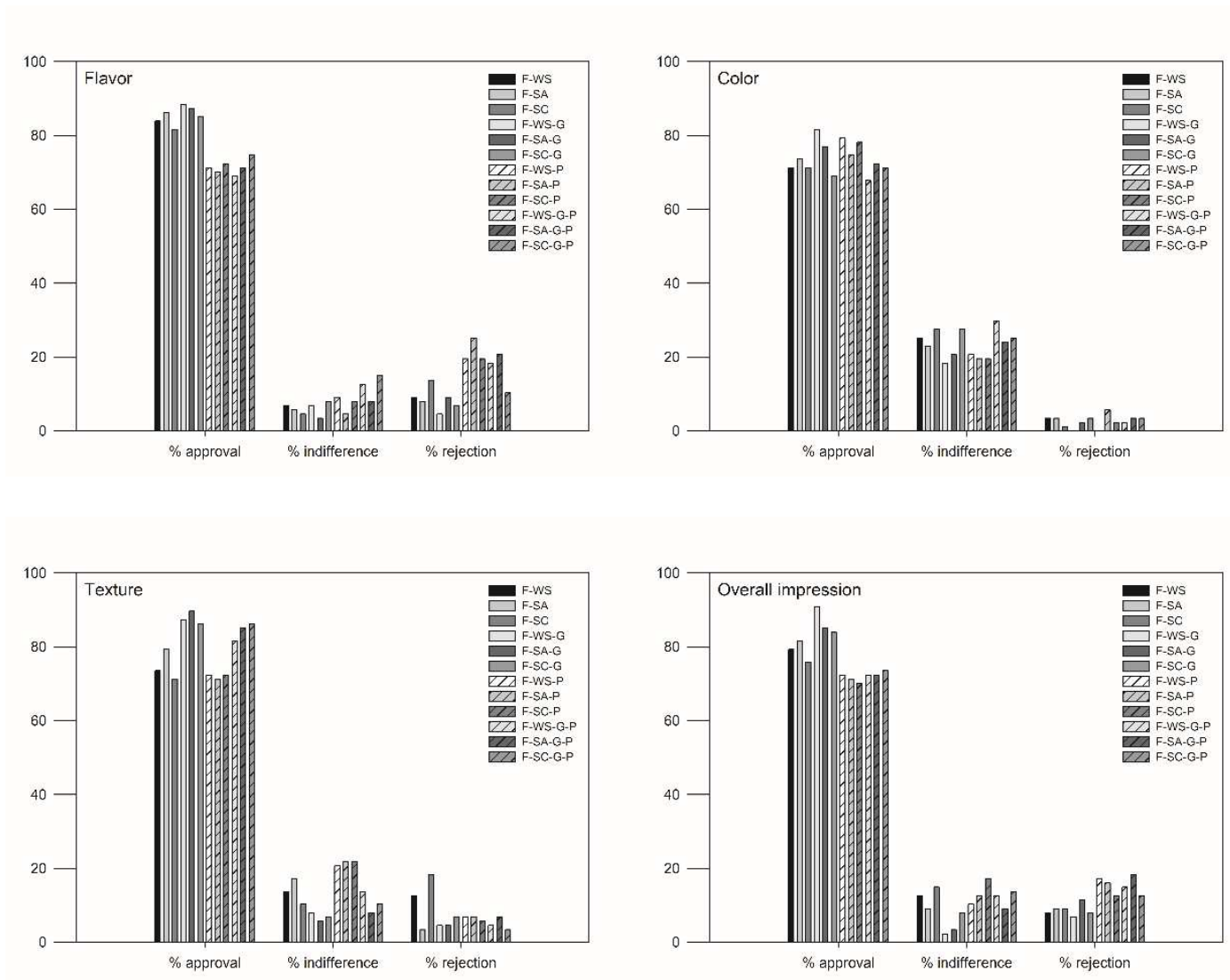


Figure 9. Percentage of approval, indifference and rejection in relation to the attributes flavor, color, texture and overall impression of flans.

According to Figure 9 the F-WS-G formulation was the best evaluated for “flavor”, “color” and “overall impression”, the F-SA-G formulation was the best evaluated for the “texture” parameter. While the F-SA-P was evaluated with the highest rejection as to “flavor” and “color” and F-SC and F-SA-G-P higher rejection for “texture” and “overall impression” parameters respectively.

In general, formulations without presence of ferric pyrophosphate showed a highest percentage of flavor approval, this fact demonstrates that the emulgels were not effective in mask the metallic flavor and consumers were able to determine these differences. Regarding texture, the formulations containing gelatin obtained the highest approval percentages, this may be related to the firmer consistency of the flans. The overall approval percentage was higher for the formulations without ferric pyrophosphate, this fact demonstrates that the flavor was more relevant than the texture for these products.

However, it is noteworthy that, regardless of the type of starch used, presence or absence of gelatin and ferric pyrophosphate, the flans showed good acceptance, having more than 60% approval in relation to the attributes studied. This demonstrates that flan formulations with emulgels added ferric pyrophosphate can be a pleasurable alternative to the methods commonly used in food fortification to increase dietary iron intake, and no adverse effects on grating have been reported by consumers the intake of this iron salt.

3.3.6 Correlation between instrumental and sensory measures

The correlation between color and texture parameters instrumental and sensory were assessed using the Pearson correlation coefficient (r) (Table 8-9). The correlation between the color parameters, took into account the color of the flans evaluated on the first day, because these consumptions was carried out 24 hours after the preparation.

The instrumental parameter color (Table 8), luminosity (L^*), correlated ($p < 0.05$) negatively with the sensory color evaluated in the flans-like desserts, this fact may be related to the consumers preference for dark yellow dairy desserts, which refer to the vanilla flavor, when compared to lighter desserts, possibly remit the white color of milk. The other sensory parameters did not correlate significantly.

The instrumental parameters of texture (Table 9) “firmness” and “cohesiveness” correlated ($p < 0.05$) positively with texture evaluated in the acceptance test and with the term “dense” descriptor evaluated in RATA, respectively. Regarding the positive correlation of

“firmness”, this fact reinforces the hypothesis that consumers preferred firmer dairy desserts, a characteristic acquired by the addition of gelatin in the formulations. For “cohesiveness”, the positive correlation implies that the more cohesive the denser sample will be, this fact can be observed in the formulations with higher starch concentration, i.e., without the addition of gelatin, which presented a “denser” structure, due to the greater retrogradation of amylose and amylopectin molecules, thus greater energy required for disruption of internal sample bonds.

Table 8. Pearson Correlation Coefficients between instrumental color and sensory color parameters.

Parameters of color instrumental	Color acceptance		White color RATA		Yellow color RATA		Bright RATA		Frosted RATA	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
L*	-0.85	0.03	0.25	0.63	0.31	0.55	-0.41	0.42	0.57	0.24
a*	-0.13	0.85	0.57	0.24	0.20	0.70	0.44	0.38	-0.26	0.62
b*	0.20	0.71	-0.36	0.48	-0.74	0.09	0.09	0.85	-0.29	0.57
h*	0.30	0.56	-0.23	0.66	0.34	0.51	-0.11	0.84	0.06	0.91
C*	0.17	0.74	-0.38	0.45	-0.74	0.09	0.06	0.90	-0.28	0.60

r: Pearson's correlation coefficient; p: Significance level

Table 9. Pearson Correlation Coefficients between instrumental properties and sensory texture parameters.

Instrumental Texture Properties	Texture acceptance		Creamy RATA		Consistent RATA		Firm RATA		Soft RATA		Adhesiveness RATA		Light RATA		Dense RATA	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Firmness	0.69	0.05	0.49	0.32	0.72	0.11	0.34	0.51	-0.22	0.68	0.41	0.42	0.58	0.22	-0.85	0.07
Elasticity	0.57	0.24	0.49	0.33	0.72	0.10	0.35	0.49	-0.25	0.63	0.46	0.36	0.58	0.23	-0.89	0.10
Cohesiveness	-0.44	0.38	-0.70	0.12	-0.17	0.74	0.45	0.37	-0.30	0.57	-0.19	0.72	-0.69	0.13	0.78	0.03
Guminess	0.56	0.25	0.39	0.45	0.71	0.12	0.37	0.46	-0.13	0.81	0.24	0.64	0.56	0.24	-0.69	0.13
Adhesiveness	-0.40	0.44	-0.55	0.26	-0.20	0.70	0.14	0.79	-0.23	0.66	-0.45	0.37	-0.35	0.50	0.72	0.11
tan δ (1Hz)	0.11	0.83	0.41	0.42	0.55	0.25	0.55	0.26	0.00	1.00	-0.35	0.49	0.41	0.42	-0.09	0.88

r: Pearson's correlation coefficient; p: Significance level

4 CONCLUSION

Hydrogels were considered as “strong gels”, the type of starch influenced the textural characterization of the systems. Waxy maize starch, content low amylose (~1%), gave the systems lower firmness, in contrast, the cassava starch, with higher amylose content (~17%), increased this property. The addition of gelatin favored the elastic properties of the systems. Emulgels were considered “weak gels”, this fact was mainly related to the addition of oil and emulsifier, these constituents form complexes with amylose, delaying starch retrogradation. Flans were considered to be “strong gels” due mainly to the interactions of dairy proteins in reducing pH to near pI.

In the RATA test it was possible to observe the formation of four distinct groups: flans containing only starch, starch and gelatin, starch and ferric pyrophosphate, starch gelatin and ferric pyrophosphate. However, in the acceptance test, flans containing ferric pyrophosphate did not differ statistically ($p < 0.05$) from flans containing only starch. This shows that flans formulated with ferric pyrophosphate containing emulgels can be a pleasurable alternative to the methods commonly used in food fortification or supplementation to increase dietary iron intake. Given this, any of the starches studied could be used in the formulation of flans, no requiring addition of gelatin, reducing production costs.

In subsequent studies, other gelling agents may be used, as well as other iron salts, increased concentrations, changes in processing steps and application in other model foods, in order to increase the applicability of the system type emulgel in food formulation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to: CAPES (Code 001), CNPq, FAPEMIG, and FUNARBE, for the financial support to carry out this study; Fino Alimentos, for kindly providing materials used in experiments; Prof. Nilda de Fátima Ferreira Soares, who allowed us using some facilities in the laboratory coordinated for her.

REFERENCES

ABD EL-SALAM, M. H., EL-SHIBINY, S. **Preparation and properties of milk proteins-based encapsulated probiotics: a review**. Dairy Science & Technology, 95(4), 393–412. 2015.

AI, Y., HASJIM, J., JANE, J. **Effects of lipids on enzymatic hydrolysis and physical properties of starch**. Carbohydrate Polymers, 92(1), 120–127. 2013.

BASUTKAR, R. S., TSUNDUE, T., SIVA, H. ROSE, A. PONNUSANKAR, S. **Vitamin D Supplementation in Patients with Iron Deficiency Anaemia: A Systematic Review and a Meta-Analysis**. Sys Rev Pharm, 2019.

BECKER, A., HILL, S. E., MITCHELL, J. R. **Relevance of amylose–lipid complexes to the behaviour of thermally processed starches**. Starch/Stärke, 53, 121–130. 2001.

BEMILLER, J. N. **Pasting, paste, and gel properties of starch–hydrocolloid combinations**. Carbohydr. Polym, 86, 386–423, 2011.

BERTOLINI, A. C. **Starches Characterization, Properties, and Applications**, 1st ed., CRC Press, New York. 2010.

BONACUCINA, G., CESPI, M., PALMIERI, G. F. **Characterization and Stability of Emulsion Gels Based on Acrylamide/Sodium Acryloyldimethyl Taurate Copolymer**. AAPS PharmSciTech, Vol. 10, No. 2, 2009.

BRAZIL. Portaria n° 31 de 13 de janeiro de 1998. **Regulamento técnico referente a alimentos adicionados de nutrientes essenciais**. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: Jun. 2019.

BRAZIL. Resolução RDC n° 269, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: Jun. 2019.

CANCELO-HIDALGO, M. J., CASTELO-BRANCO, C., PALACIOS, S. **Tolerability of different oral iron supplements: a systematic review**. Curr Med Res Opin; 29: 291–303. 2013.

CONDE-PETIT, B., NUSSLI, J., ARRIGONI, E., ESCHER, F., AMADÒ, R. **Perspectives of starch in food science**. Chimia, 55(3), 201-205. 2001.

DEPYPERE, F., VERBEKEN, D., TORRES, J.D., DEWETTINCK, K. **Rheological properties of dairy desserts prepared in an indirect UHT pilot plant**. Journal of Food Engineering, v. 91, n. 1, p. 140-145. 2009.

GE, L., XIA, M., YAO, Z., SUN, Q. **Ferric pyrophosphate: A versatile and alternative iron fortification compound**. Food Hygiene, Agriculture and Animal Science, pp. 94-102. 2016.

HURREL, R. F. **How to Ensure Adequate iron Absorption from Iron-fortified.** Food and Nutrition Reviews, v. 60, n. 7, p. 7-15. 2002.

KASSEBAUM, N. J. **Anemia Collaborators.** Hematology/Oncology Clinics of North America. 30(2): 247-308. 2016.

KONG, X., KASAPIS, S., BAO, J. **Viscoelastic properties of starches and flours from two novel rice mutants induced by gamma irradiation.** LWT - Food Sci. Technol. 60, 578e582. 2015.

MARTINS, A. J., SILVA, P., MACIEL, F., PASTRANA, L. M., CUNHA, R. L., CERQUEIRA, M. A., VICENTE A. A. **Hybrid gels: Influence of oleogel/hydrogel ratio on rheological and textural properties.** Food research international, v. 116, p. 1298-1305. 2019.

MEYNEERS, M., JAEGER, S. R., ARES, G. **On the analysis of rate-all-that-apply (RATA) data.** Food quality and preference, v. 49, p. 1-10. 2016.

MOLL, R., DAVIS, B. **Iron, Vitamin B12 e Folate.** Clinical Sciences, 45:4, 2017.

MORITA, N., MAEDA, T., MIYAZAKI, M., YAMAMORI, M., MIURA, H., OHTSUKA, I. **Dough and baking properties of high-amylose and waxy wheat flours.** Cereal Chem. 79, 491e495. 2002.

MUN, S., KIM, Y. R., MCCLEMENTS, D. J. **Control of beta-carotene bioaccessibility using starch-based filled hydrogels.** Food Chem, 173, 454-461. 2015.

OJUKWU, J., OKEBE J., YAHAV D., PAUL, M. **Oral iron supplementation for preventing or treating anaemia among children in malaria-endemic areas.** Cochrane Database Syst Rev 3. 2009.

PAGANINI, D., ZIMMERMANN, M. B. **The effects of iron fortification and supplementation on the gut microbiome and diarrhea in infants and children: a review.** The American journal of clinical nutrition, v. 106, n. suppl_6, p. 1688S-1693S, 2017.

PANWAR, A. S., UPADHYAY, N., BAIRAGI, M., GUJAR, S., DARWHEKAR, G. N., JAIN, D. K. **Emulgel: A Review.** Asian J Pharm Life Sci. 1(3):333-343. 2011.

PENA-ROSAS, J. P., DE-REGIL, L. M., DOWSWELL, T., VITERI, F. E. **Daily oral iron supplementation during pregnancy.** Cochrane Database Syst Rev 12. 2012.

PUVANENTHIRAN, A., WILLIAMS, R. P. W., AUGUSTIN, M. A. **Structure and viscoelastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios.** International Dairy Journal 12, 383-391. 2002.

RAO, M. A. **Measurement of Flow and Viscoelastic Properties.** In Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods, Principles and Applications. New York: Springer, Cap. 3, p. 63-159. 2014.

RIBOTTA, P. D., COLOMBO, A., LEÓN, A. E., AÑÓN, M. C. **Effects of Soy Protein on Physical and Rheological Properties of Wheat Starch.** *Starch - Stärke*, 59(12), 614–623. 2007.

SIMIQUÉLI, A. A., LIMA FILHO, T., MINIM, L. A., DE OLIVEIRA, E. B., TORRES, I. V., VIDIGAL, M. C. T. R., MINIM, V. P. R. **The W/O/W emulsion containing FeSO₄ in the different phases alters the hedonic thresholds in milk-based dessert.** *LWT*, 99, 98–104. 2019.

SINGH, N., SINGH, J., KAUR, L., SODHI, N. S., GILL, B. S. **Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources.** *Food Chemistry*, 81(2), 219-231. 2003.

STONE, H., SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices.** London: Elsevier Academic Press. 2004.

SWORN, G. **Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents.** UK.: Blackwell Publishing Ltd, Cap. 17, p. 325-342. 2009.

SZWAJGIER, D., GUSTAW, W. **The addition of malt to milk-based desserts: Influence on rheological properties and phenolic acid content.** *LWT-Food Science and Technology*, v. 62, n. 1, p. 400-407. 2015.

TONGDEESOONTORN, W., MAUER, L. J., WONGRUOUNG, S., SRIBURI, P., RACHTANAPUN, P. **Mechanical and physical properties of cassava starch-gelatin composite films.** *International Journal of Polymeric Materials*, v. 61, n. 10, p. 778-792. 2012.

TORRES, O., MURRAY, B., SARKAR, A. **Emulsion microgel particles: Novel encapsulation strategy for lipophilic molecules.** *Trends in Food Science & Technology*. 2016.

VILGIS, T. A. **Gels: model systems for soft matter food physics.** *Current Opinion in Food Science*, v. 3, p. 71-84. 2015.

WANG, S., WANG, J., YU, J., & WANG, S. **Effect of fatty acids on functional properties of normal wheat and waxy wheat starches: A structural basis.** *Food Chemistry*, 190, 285–292. 2016.

WHO. World Health Organization. **Nutritional anaemias: tools for effective prevention and control.** Geneva. 2017.

WHO. World Health Organization. **Worldwide prevalence of anemia 1993-2005** Geneva. 2008.

WOLF, F. A. **Collagen and gelatin.** In: Aalbersberg WY et al (eds) *Progress in biotechnology*, vol 23. Elsevier Science BV, Amsterdam, pp 133–218. 2003.

XU, L., XU, G., LIU, T., CHEN, Y., GONG, H. **The comparasion of rheological properties of aqueous welan gun and xanthan gum solution.** *Carbohydrate Polymers*, v. 92, p. 516-522. 2013.

YANG, H., IRUDAYARAJ, J., OTGONCHIMEG, S., WALSH, M. Rheological study of the starch and dairy ingredient-based food systems. *Food Chem.*, 86, 571–578. 2004.

ZHOU, Z., ROBARDS, K., HELLIWELL, S., BLANCHARD, C. Effect of the addition of fatty acids on rice starch properties. *Food Res. Int.* 40, 209–214. 2007.

CAPÍTULO 4: Conclusão geral

A área de sistemas coloidais, mais especificamente emulgéis, já bem consolidada na área Farmacêutica e Médica para entrega de fármacos, carece de estudos na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Nosso estudo trouxe informações inovadoras para a aplicabilidade desse tipo de sistema na formulação de alimentos. A complexidade desse sistema exigiu um estudo crescente até obter-se o produto final.

A influência do tipo de agente gelificante utilizado nos hidrogéis, na fase contínua das emulsões e sua substituição parcial, bem como adição de uma fase dispersa oleosa e um agente emulsificante, foi observada e acarretou alterações texturais evidenciadas através dos ensaios dinâmico-oscilatórios e análise do perfil de textura.

Os hidrogéis foram considerados como “géis fortes”. O amido de milho ceroso, por apresentar baixo teor de amilose (~1%), conferiu aos sistemas menor firmeza, em contrapartida, o amido de mandioca, com maior teor de amilose (~17%), conferiu aumento dessa propriedade. A adição de gelatina favoreceu as propriedades elásticas dos sistemas. Emulgéis foram considerados “géis fracos”, esse fato relacionou-se principalmente pela adição de óleo e emulsificante, esses constituintes possivelmente formaram complexos com amilose, retardando a retrogradação do amido. Os flans foram considerados como “géis fortes” devido principalmente as interações das proteínas lácteas ao reduzir o pH para próximo do pI.

A aplicação de um teste sensorial descritivo rápido, mostrou-se efetivo e forneceu informações relevantes. No teste RATA foi possível observar a formação de quatro grupos distintos: flans contendo somente amido, amido e gelatina, amido e pirofosfato férrico, amido gelatina e pirofosfato férrico. Porém, no teste de aceitação, flans contendo pirofosfato férrico não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) dos flans contendo somente amido. Isso demonstra que os flans formulados com emulgéis contendo pirofosfato férrico, podem ser uma alternativa prazerosa aos métodos comumente utilizados na fortificação de alimentos ou suplementação para o aumento da ingestão de ferro na dieta. Diante disso, qualquer um dos amidos poderia ser usado na formulação de flans, não sendo necessário a adição de gelatina, reduzindo custos de produção.

Em estudos subsequentes, outros agentes gelificantes podem ser utilizados, bem como outros sais de ferro, aumento de suas concentrações, alterações de etapas do processamento e aplicação em outros alimentos modelo, afim de aumentar a aplicabilidade do sistema tipo emulgel na formulação de alimentos.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Calculation to determine the concentration of ferric pyrophosphate.

Recommended daily intake (RDI): 14 mg de Fe/100 g of flan

Bioavailability of ferric Pyrophosphate of 50% when compared to Ferrous Sulfate.

RDI * 2 = 28 mg de Fe/100 g of Flan.

Food added = maximum 7,5 % of the RDI for liquids and 15,0 % for solids of mineral or vitamin from the recommended daily intake.

Considering 1% of IDR:

0.28 mg of Fe = 0.00028 g of Fe

0.00028 g of Fe _____ x g Ferric pyrophosphate

224 g of Fe _____ 745.21 g of Ferric pyrophosphate

How we used 13% (0,13) of the emulsion in flans:

$0.00093151/0,13 = 0.007165$ g Fe / 100 ml emulsion.

The emulsions will be composed of 20% sun flower oil:

$C = 0.007165$ g/20 ml of sun flower oil.

$C = 0.03583$ g/100 ml of sun flower oil.

APÊNDICE B – Randomization table for sensory analysis.

Group	Day 1					
1	F-WS	F-SC	F-SA-G	F-WS-P	F-SC-P	F-SA-G-P
2	F-SA-G-P	F-WS	F-SC	F-SA-G	F-WS-P	F-SC-P
3	F-SC-P	F-SA-G-P	F-WS	F-SC	F-SA-G	F-WS-P
4	F-WS-P	F-SC-P	F-SA-G-P	F-WS	F-SC	F-SA-G
5	F-SA-G	F-WS-P	F-SC-P	F-SA-G-P	F-WS	F-SC
6	F-SC	F-SA-G	F-WS-P	F-SC-P	F-SA-G-P	F-WS
7	F-SC	F-SC-P	F-WS	F-WS-P	F-SA-G-P	F-SA-G
8	F-SA-G	F-WS-P	F-WS	F-SC	F-SA-G-P	F-SC-P
9	F-WS	F-SA-G	F-SC	F-SA-G-P	F-SC-P	F-WS-P
10	F-SA-G	F-WS-P	F-SC-P	F-SA-G-P	F-SC	F-WS
Group	Day 2					
1	F-SA	F-WS-G	F-SC-G	F-SA-P	F-WS-G-P	F-SC-G-P
2	F-SC-G-P	F-SA	F-WS-G	F-SC-G	F-SA-P	F-WS-G-P
3	F-WS-G-P	F-SC-G-P	F-SA	F-WS-G	F-SC-G	F-SA-P
4	F-SA-P	F-WS-G-P	F-SC-G-P	F-SA	F-WS-G	F-SC-G
5	F-SC-G	F-SA-P	F-WS-G-P	F-SC-G-P	F-SA	F-WS-G
6	F-WS-G	F-SC-G	F-SA-P	F-WS-G-P	F-SC-G-P	F-SA
7	F-SC-G	F-SA	F-SA-P	F-SC-G-P	F-WS-G	F-WS-G-P
8	F-SA	F-SA-P	F-WS-G	F-WS-G-P	F-SC-G-P	F-SC-G
9	F-WS-G	F-SC-G-P	F-SA	F-SC-G	F-WS-G-P	F-SA-P
10	F-SA-P	F-SC-G	F-SC-G-P	F-WS-G-P	F-WS-G	F-SA

APÊNCIDE C – Model of the answer sheets used in the evaluation of flans-like dessert.

ACCEPTANCE TEST	
Name: _____	Date: _____ Age: _____
Sample code: _____	
9 - Extremely liked	Flavor: _____
8 - Liked very	
7 - Liked moderately	Color: _____
6 - Liked slightly	
5 – Indifferent	Texture: _____
4 - Disliked slightly	
3 - Disliked moderately	Overall impression: _____
2 - Disliked very	
1 - Extremely disliked	
Comments: _____	

RATE-ALL-THAT-APPLY TEST

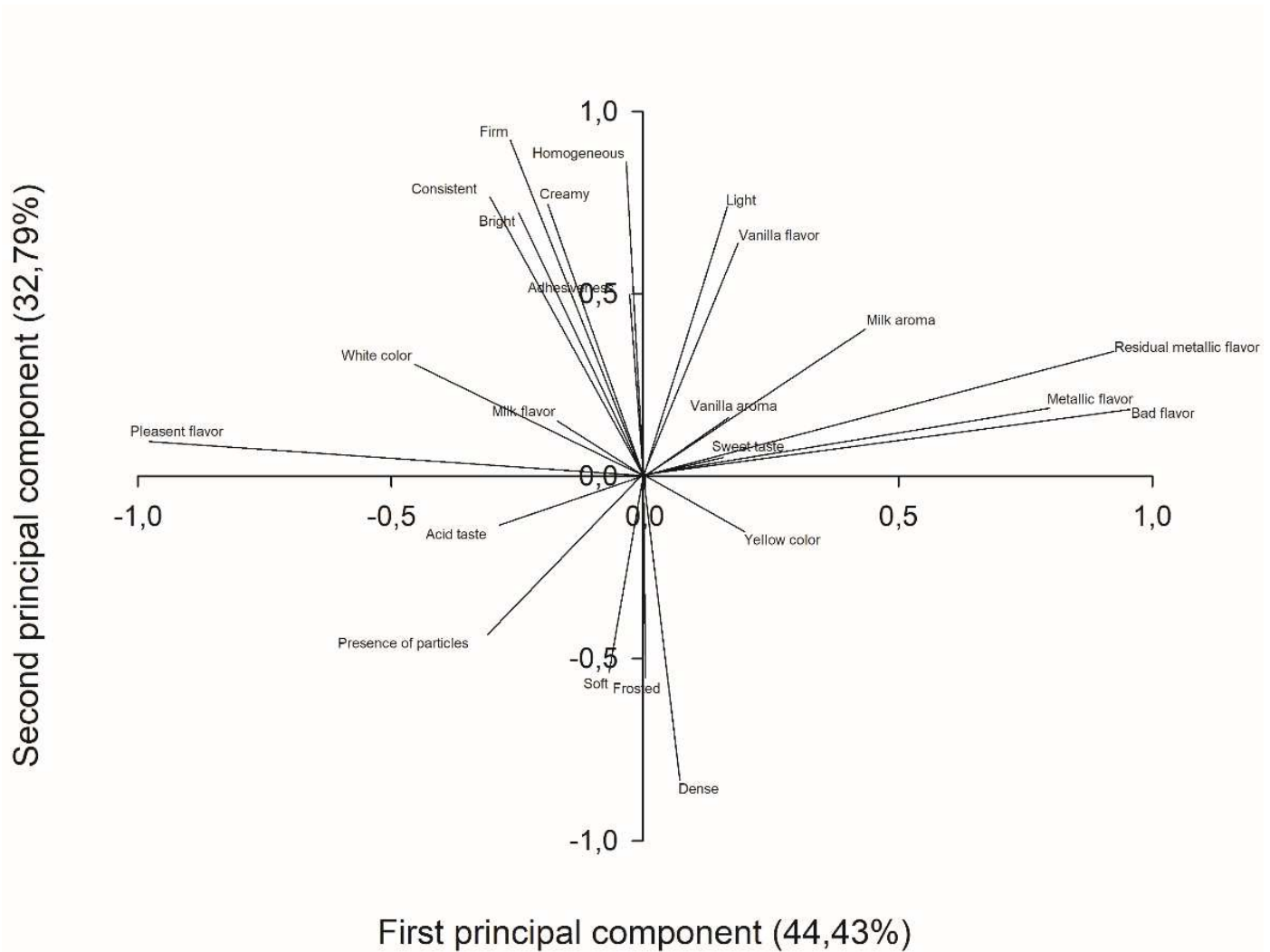
Name: _____ Date: _____ Age: _____

Please, evaluate the sample and tick the following words describing the sample.

* If you have marked a word, please check the intensity (low, medium or high).

	Applicable terms	Low	Medium	High
Sweet taste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acid taste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creamy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consistent	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Firm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vanilla flavor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metallic flavor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yellow color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
White color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Presence of particles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Homogeneous	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vanilla aroma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Milk flavor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Milke aroma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Adhesiveness	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pleasant flavor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bad flavor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Residual metallic flavor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bright	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Frosted	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Light	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dense	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

APÊNDICE D - Correlation of the terms descriptors in relation to the first two principal components.



APÊNDICE E - Resumo da análise de variância.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância da análise do perfil de textura (TPA) dos flans quanto a firmeza.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	6	0.00123165	9.32	0.0085*
Resíduo	5	0.00013215		

* – não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância da análise do perfil de textura (TPA) dos flans quanto a elasticidade.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	6	0.49738252	3.48	0.0804 ^{ns}
Resíduo	5	0.14286661		

^{ns} – não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância da análise do perfil de textura (TPA) dos flans quanto a coesividade.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	6	0.00191469	14.16	0.0029*
Resíduo	5	0.00013522		

*- significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância da análise do perfil de textura (TPA) dos flans quanto a gomosidade.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	6	0.00018838	2.05	0.2036 ^{ns}
Resíduo	5	0.00009183		

^{ns}- não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância da análise do perfil de textura (TPA) dos flans quanto a adesividade.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	6	2.36E-9	1.94	0.2216 ^{ns}
Resíduo	5	1.2166667E-9		

^{ns}- não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância da aceitação dos flans quanto ao sabor.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	11	18.860676	5.82	<0.001*
Resíduo	1032	3.240266		

*- significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância da aceitação dos flans quanto a cor.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	11	2.422414	1.03	0,4180 ^{ns}
Resíduo	1032	2.354317		

ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância da aceitação dos flans quanto a textura.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	11	16.575670	6.44	<0.0001*
Resíduo	1032	2.575359		

* – significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 9 – Resumo da análise de variância da aceitação dos flans quanto a impressão global.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F valor	Pr
Tratamentos	11	14.086642	4.91	<0.0001*
Resíduo	1032	2.866168		

*– significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 10 - Teste-t para o parâmetro L* F-WS

	<i>L* (dia 1)</i>	<i>L* (dia 2)</i>
Média	79,14	75,34
Variância	0,0004	0,0007
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	198,4485	
P(T<=t) uni-caudal	1,93E-09	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	3,87E-09*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 11 – Teste t para o parâmetro a* F-WS

	<i>a* (dia 1)</i>	<i>a* (dia 30)</i>
Média	-1,07	-0,94667
Variância	0,0003	0,000533
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	-7,4	
P(T<=t) uni-caudal	0,000889	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,001779*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 12 – Teste t para o parâmetro b^* F-WS

	b^* (dia 1)	b^* (dia 30)
Média	9,843333	9,233333
Variância	0,000433	0,000433
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	35,88925	
P(T<=t) uni-caudal	1,8E-06	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	3,6E-06*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 13 – Teste t para o parâmetro h^* F-WS

	h^* (dia 1)	h^* (dia 30)
Média	-1,46252	-1,46863
Variância	3,3E-06	5,09E-06
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	3,655038	
P(T<=t) uni-caudal	0,010837	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,021675*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 14 – Teste t para o parâmetro C^* F-WS

	C^* (dia 1)	C^* (dia 30)
Média	9,90133	9,281752
Variância	0,00041	0,000528
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	35,02582	
P(T<=t) uni-caudal	1,98E-06	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	3,96E-06*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 15- Teste-t para o parâmetro L* F-WS-G

	<i>L* (dia 1)</i>	<i>L* (dia 30)</i>
Média	77,20667	72,77333
Variância	0,000233	0,000633
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	260,8345	
P(T<=t) uni-caudal	6,21E-08	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	1,24E-07*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 16 – Teste t para o parâmetro a* F-WS-G

	<i>a* (dia 1)</i>	<i>a* (dia 30)</i>
Média	-1,08333	-0,88667
Variância	0,000433	0,000233
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	-13,1928	
P(T<=t) uni-caudal	9,53E-05	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,000191*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 17 – Teste t para o parâmetro b* F-WS-G

	<i>b* (dia 1)</i>	<i>b* (dia 30)</i>
Média	10,05667	9,74
Variância	0,001633	0,0004
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	12,1635	
P(T<=t) uni-caudal	0,000598	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,001196*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 18 – Teste t para o parâmetro h^* F-WS-G

	h^* (dia 1)	h^* (dia 30)
Média	-1,46349	-1,48001
Variância	4,56E-06	2,82E-06
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	10,53152	
P(T<=t) uni-caudal	0,00023	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,00046*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 19 – Teste t para o parâmetro C^* F-WS-G

	C^* (dia 1)	C^* (dia 30)
Média	10,11486	9,780284
Variância	0,001601	0,000363
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	13,07744	
P(T<=t) uni-caudal	0,000483	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,000966*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 20- Teste-t para o parâmetro L^* F-SA

	L^* (dia 1)	L^* (dia 30)
Média	78,28	72,99333
Variância	0,0007	0,000433
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	271,9968	
P(T<=t) uni-caudal	5,48E-10	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	1,1E-09*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 21 – Teste t para o parâmetro a* F-SA

	<i>a* (dia 1)</i>	<i>a* (dia 30)</i>
Média	-1,08667	-0,92667
Variância	0,000233	0,000633
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	-9,41357	
P(T<=t) uni-caudal	0,00127	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,00254*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 22 – Teste t para o parâmetro b* F-SA

	<i>b* (dia 1)</i>	<i>b* (dia 30)</i>
Média	10,31	9,976667
Variância	1E-04	0,000433
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	25	
P(T<=t) uni-caudal	7,02E-05	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,00014*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 23 – Teste t para o parâmetro h* F-SA

	<i>h* (dia 1)</i>	<i>h* (dia 30)</i>
Média	-1,46578	-1,47818
Variância	2,35E-06	5,41E-06
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	7,711206	
P(T<=t) uni-caudal	0,002267	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,004533*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 24 – Teste t para o parâmetro C* F-SA

	<i>C* (dia 1)</i>	<i>C* (dia 30)</i>
Média	10,36712	10,01963
Variância	8,07E-05	0,000524
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	24,47414	
P(T<=t) uni-caudal	7,48E-05	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,00015*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 25- Teste-t para o parâmetro L* F-SA-G

	<i>L* (dia 1)</i>	<i>L* (dia 30)</i>
Média	78,74	73,04
Variância	0,0193	0,0021
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	2	
Stat t	67,48832	
P(T<=t) uni-caudal	0,00011	
t crítico uni-caudal	2,919986	
P(T<=t) bi-caudal	0,000219*	
t crítico bi-caudal	4,302653	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 26 – Teste t para o parâmetro a* F-SA-G

	<i>a* (dia 1)</i>	<i>a* (dia 30)</i>
Média	-0,97	-0,82
Variância	0,0004	0,0004
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	-9,18559	
P(T<=t) uni-caudal	0,00039	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,00078*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 27 – Teste t para o parâmetro b^* F-SA-G

	b^* (dia 1)	b^* (dia 30)
Média	10,04	9,63
Variância	0,0001	0,0004
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	31,75846	
P(T<=t) uni-caudal	3,43E-05	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	6,86E-05*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 28 – Teste t para o parâmetro h^* F-SA-G

	h^* (dia 1)	h^* (dia 30)
Média	-1,47448	-1,48585
Variância	4,28E-06	3,56E-06
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	7,03568	
P(T<=t) uni-caudal	0,001075	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,002151*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 29 – Teste t para o parâmetro C^* F-SA-G

	C^* (dia 1)	C^* (dia 30)
Média	10,08676	9,66486
Variância	6,45E-05	0,000468
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	31,67894	
P(T<=t) uni-caudal	3,46E-05	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	6,91E-05*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 30- Teste-t para o parâmetro L* F-SC

	<i>L* (dia 1)</i>	<i>L* (dia 30)</i>
Média	79,68333	74,20667
Variância	0,000933	0,000233
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	277,7177	
P(T<=t) uni-caudal	5,15E-08	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	1,03E-07*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 31 – Teste t para o parâmetro a* F-SC

	<i>a* (dia 1)</i>	<i>a* (dia 30)</i>
Média	-0,96	-0,81333
Variância	0,0001	0,000233
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	-13,914	
P(T<=t) uni-caudal	0,000402	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,000804*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 32 – Teste t para o parâmetro b* F-SC

	<i>b* (dia 1)</i>	<i>b* (dia 30)</i>
Média	10,14333	9,096667
Variância	0,000933	3,33E-05
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	2	
Stat t	58,30834	
P(T<=t) uni-caudal	0,000147	
t crítico uni-caudal	2,919986	
P(T<=t) bi-caudal	0,000294*	
t crítico bi-caudal	4,302653	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 33 – Teste t para o parâmetro h^* F-SC

	h^* (dia 1)	h^* (dia 30)
Média	-1,47643	-1,48162
Variância	6,74E-07	2,64E-06
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	4,940092	
P(T<=t) uni-caudal	0,007954	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,015909*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 34 – Teste t para o parâmetro C^* F-SC

	C^* (dia 1)	C^* (dia 2)
Média	10,18866	9,132962
Variância	0,000963	4,67E-05
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	2	
Stat t	57,53136	
P(T<=t) uni-caudal	0,000151	
t crítico uni-caudal	2,919986	
P(T<=t) bi-caudal	0,000302*	
t crítico bi-caudal	4,302653	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 35- Teste-t para o parâmetro L^* F-SC-G

	L^* (dia 1)	L^* (dia 30)
Média	78,56667	73,09333
Variância	0,001733	0,005433
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	111,9835	
P(T<=t) uni-caudal	7,85E-07	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	1,57E-06*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 36 – Teste t para o parâmetro a* F-SC-G

	<i>a* (dia 1)</i>	<i>a* (dia 30)</i>
Média	-1,04	-0,83667
Variância	0,0021	0,001733
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	-5,68828	
P(T<=t) uni-caudal	0,002358	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,004717*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 37 – Teste t para o parâmetro b* F-SC-G

	<i>b* (dia 1)</i>	<i>b* (dia 30)</i>
Média	10,13667	9,733333
Variância	0,001733	0,000933
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	13,52821	
P(T<=t) uni-caudal	8,64E-05	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,000173*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 38 – Teste t para o parâmetro h* F-SC-G

	<i>h* (dia 1)</i>	<i>h* (dia 30)</i>
Média	-1,46856	-1,48504
Variância	1,99E-05	2,01E-05
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	4,511716	
P(T<=t) uni-caudal	0,005363	
t crítico uni-caudal	2,131847	
P(T<=t) bi-caudal	0,010726*	
t crítico bi-caudal	2,776445	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

Tabela 39 – Teste t para o parâmetro C* F-SC-G


	<i>C* (dia 1)</i>	<i>C* (dia 30)</i>
Média	10,18995	9,769292
Variância	0,00176	0,000747
Observações	3	3
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	14,55149	
P(T<=t) uni-caudal	0,000352	
t crítico uni-caudal	2,353363	
P(T<=t) bi-caudal	0,000704*	
t crítico bi-caudal	3,182446	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Sudent.

ANEXOS

ANEXO A - Technical specifications of starches

Technical specification of starch WS

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	ET-FIN-023/00
	Amido Modificado para Molhos	Emissão: 15/09/2017 Revisão: 00

1 - Descrição do produto:

Amido de milho ceroso modificado de grau alimentício.

2 - Características Gerais:

Produto	Amido de Milho
Marca	Fino Alimentos
Produzido por:	Comercial Agrícola Toledo
Embalagem	Sacos multifoliados contendo 23 kg do produto
Validade	24 meses

3 - Características Sensoriais:

Aspecto	Pó fino, sem grumos
Cor	Branco, levemente amarelado
Odor	Característico, isento de odor estranho.
Sabor	Característico, isento de sabor estranho.

4 - Características Físico-Químicas:

Umidade	Aprox.: 11 %
pH	Aprox.: 6

5 - Complementares:

Análise	Resultado
Arsênio	< 0,20 mg/kg
Cádmio	< 0,10 mg/kg
Chumbo	< 0,10 mg/kg

Resolução RDC nº 42, 29/08/2013 – ANVISA

6 - Características Microbiológicas:

Bolores e Leveduras	Máx. 1.000 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	Máx. 3.000 UFC/g
<i>Salmonella sp.</i> (25g)	Ausência em 25g
Coliformes a 45°C (NMP/g)	Máx 100 UFC/g

Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001

7 - Características Físicas:

Parâmetros	Resultados
Microscopia	Ausência de sujidade e partículas estranhas ao produto

Resolução RDC nº 14 de 28 de março de 2014

Criado por : <u>María Lúcia R. B. Basilio</u> Responsável Técnica	Aprovado por: <u>Elben Rodrigo Sackser</u> Químico Industrial	Página 1 de 2
---	---	---------------



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Amido Modificado para Molhos

ET-FIN-023/00

Emissão: 15/09/2017
Revisão: 00**8 – Aplicação:**

Produto utilizado para o preparo de molhos, sopas, recheios, coberturas e etc., conferindo textura lisa e brilhante. Sugestão de dosagem de 2 a 4% do total da Formulação.

9 – Condições de Armazenamento:

O produto deve ser estocado em local coberto, seco e ventilado, sobre pallets e em embalagem original fechada, protegido da ação de insetos e roedores, distante de agentes químicos e de odores estranhos.

10– Informações do Rótulo:

Nome do produto, data de fabricação e validade, lote, peso líquido, informação nutricional, Não contem Glúten, condições de armazenamento e dados cadastrais da empresa.

11 – Alergênicos:

Não contem.

Criado por : <u>Maria Lúcia R. B. Basilio</u> Responsável Técnica	Aprovado por: <u>Elben Rodrigo Sackser</u> Químico Industrial	Página 2 de 2
---	---	---------------

Technical specification of starch SA

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	ET-FIN-003/04
	Amido Especial F10	Emissão: 22/06/2016 Revisão: 11/08/2017

1 - Descrição do produto:

Produto amiláceo obtido a partir da mistura de Fécula de Mandioca e Amido de Mandioca Modificado Fisicamente.

2 - Características Gerais:

Produto	Amido Especial
Marca	Fino Alimentos
Produzido por:	Comercial Agrícola Toledo
Embalagem Primária	Sacos multifoliados contendo 25kg do produto
Validade	24 meses

3 - Características Sensoriais:

Aspecto	Pó fino, sem grumos
Cor	Branca
Odor	Característico, isento de odor estranho.
Sabor	Característico, isento de sabor estranho.

4 - Características Físico-Químicas:

Umidade	Máx. 12 %
pH	4,5 A 6,5
Cinzas	Máx.: 0,25%
Teor de Amido	Min.: 84%
Vazamento (malha 150 mesh)	Min.: 70%
Acidez	Máx. 1,5 mL
Expansão	2,0 a 3,0 cm
Viscosidade (Brookfield)	200cp a 1000 cp
Densidade	600 kg/m ³

Instrução Normativa nº 23 de 14 de dezembro de 2005

5 - Complementares:

Análise	Resultado
Arsênio	< 0,20 mg/kg
Cádmio	< 0,10 mg/kg
Chumbo	< 0,10 mg/kg

Resolução RDC nº 42, 29/08/2013 – ANVISA

6 - Características Microbiológicas:

Bolores e Leveduras	Máx. 1.000 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	Máx. 3.000 UFC/g
<i>Salmonella sp. (25g)</i>	Ausência em 25g
Coliformes a 45°C (NMP/g)	Máx 100 UFC/g

Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001

7 - Características Microbiológicas:

Parâmetros	Resultados
Microscopia	Ausência de sujidade e partículas estranhas ao produto

Resolução RDC nº 14 de 28 de março de 2014

Criado por : <u>Maria Lúcia R. B. Basilio</u> Responsável Técnica	Aprovado por: <u>Elben Rodrigo Sackser</u> Químico Industrial	Página 1 de 2
---	---	---------------

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA Amido Especial F10	ET-FIN-003/04 Emissão: 22/06/2016 Revisão: 11/08/2017
---	--	---

8 – Aplicação:

Produto utilizado como matéria prima no preparo de alimentos, apresentando viscosidade e cremosidade ao produto.

9 – Condições de Armazenamento:

O produto deve ser estocado em local coberto, seco e ventilado, sobre pallets e em embalagem original fechada, protegido da ação de insetos e roedores, distante de agentes químicos e de odores estranhos.

10 – Informações do Rótulo:

Nome do produto, data de fabricação e validade, lote, peso líquido, informação nutricional, Não contem Glúten, condições de armazenamento e dados cadastrais da empresa.

11 – Alergênicos:

Não contém.

Criado por : <u>Maria Lúcia R. B. Basilio</u> Responsável Técnica	Aprovado por: <u>Elben Rodrigo Sackser</u> Químico Industrial	Página 2 de 2
---	---	---------------

Technical specification of starch SC

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	ET-FIN-007/01
	Amido Especial F100 - PreGel	Emissão: 15/08/2016 Revisão: 09/08/2017

1 - Descrição do produto:

Produto amiláceo obtido a partir amido de mandioca modificado Fisicamente PRE-GEL.

2 - Características Gerais:

Produto	Fécula de Mandioca
Marca	Fino Alimentos
Produzido por:	Comercial Agrícola Toledo
Embalagem Primária	Sacos multifoliados contendo 20 kg do produto
Validade	24 meses

3 - Características Sensoriais:

Aspecto	Pó fino, sem grumos
Cor	Branca
Odor	Característico, isento de odor estranho.
Sabor	Característico, isento de sabor estranho.

4 - Características Físico-Químicas:

Umidade	Máx. 14 %
pH	4,5 A 7,0
Cinzas	Max. 1%
Viscosidade (Brookfield)	Mín. 1000 cp

Instrução Normativa nº 23 de 14 de dezembro de 2005

5 - Complementares:

Análise	Resultado
Arsênio	< 0,20 mg/kg
Cádmio	< 0,10 mg/kg
Chumbo	< 0,10 mg/kg

Resolução RDC nº 42, 29/08/2013 – ANVISA

6 - Características Microbiológicas:

Bolores e Leveduras	Máx. 1.000 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	Máx. 3.000 UFC/g
<i>Salmonella sp.</i> (25g)	Ausência em 25g
Coliformes a 45°C (NMP/g)	Máx 100 UFC/g

Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001

7 - Características Físicas:

Parâmetros	Resultados
Microscopia	Ausência de sujidade e partículas estranhas ao produto

Resolução RDC nº 14 de 28 de março de 2014

Criado por : <u>Maria Lúcia R. B. Basilio</u> Responsável Técnica	Aprovado por: <u>Elben Rodrigo Sackser</u> Químico Industrial	Página 1 de 2
---	---	---------------

	<p style="text-align: center;">ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</p> <p style="text-align: center;">Amido Especial F100 - PreGel</p>	<p style="text-align: center;">ET-FIN-007/01</p> <p style="text-align: right;">Emissão: 15/08/2016 Revisão: 09/08/2017</p>
---	---	--

8 – Aplicação:

O produto pode ser utilizado como ingrediente no preparo de recheios, cremes, molhos, etc, aumentando a viscosidade, cremosidade e redução de sinérese, sem a necessidade de aquecimento. Suporta congelamento.

9 – Condições de Armazenamento:

O produto deve ser estocado em local coberto, seco e ventilado, sobre pallets e em embalagem original fechada, protegido da ação de insetos e roedores, distante de agentes químicos e de odores estranhos.

10– Informações do Rótulo:

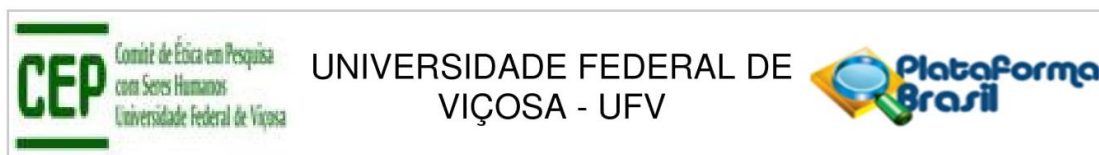
Nome do produto, data de fabricação e validade, lote, peso líquido, informação nutricional, Não contem Gluten, condições de armazenamento e dados cadastrais da empresa.

11 – Alergênicos:

Não contém.

<p>Criado por : <u>Maria Lúcia R. B. Basilio</u> Responsável Técnica</p>	<p>Aprovado por: <u>Elben Rodrigo Sackser</u> Químico Industrial</p>	<p style="text-align: center;">Página 2 de 2</p>
--	--	--

ANEXO B - Aprovação do comitê de ética para pesquisa com seres humanos.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Emulgéis enriquecidos com pirofosfato férrico para a formulação de flans.

Pesquisador: Eduardo Basílio de Oliveira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 03538918.8.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Tecnologia de Alimentos

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.265.175

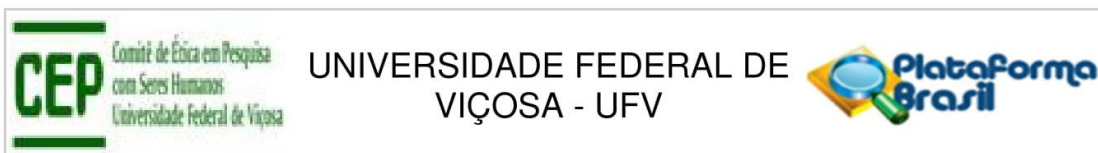
Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências da Saúde e Ciências Agrárias.

Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma:

Segundo pesquisadores, no organismo humano, os problemas relacionados ao ferro são referentes à sua deficiência ou excesso, destes, o mais importante, devido a maior incidência, acometendo em média 1,6 milhões de indivíduos no mundo, é a anemia por deficiência de ferro (anemia ferropriva), decorrente principalmente pela carência de ferro devido a perdas excessivas (hemorragias digestivas, hemorroidas, ulcerações digestivas), má absorção (diarreias, gastrectomia) ou, ainda, a dieta diária insuficiente, causada por alimentação abundante em gorduras, farinhas brancas e açúcar refinado, todos pobres em ferro, atingindo principalmente gestantes, lactantes, lactentes e crianças menores de 6 anos de idade. O sulfato ferroso é a substância "padrão" comumente utilizada na prevenção e tratamento da anemia ferropriva, por apresentar alta biodisponibilidade e baixo custo, entretanto é instável na matriz alimentar e pode apresentar aos pacientes efeitos adversos tais como dor abdominal, diarreia, vômitos e constipação, que ocasionam frequentemente o abandono do tratamento. O pirofosfato férrico é um outro sal de ferro utilizado na fortificação de alimentos, possui coloração branca, custo relativamente acessível, é mais estável e afeta pouco as propriedades sensoriais dos alimentos, porém possui uma biodisponibilidade de apenas 50% quando comparado ao sulfato ferroso e é

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 3.265.175

pouco solúvel em água. Desta forma, busca-se novas tecnologias capazes de inserir esse composto férrico na matriz alimentar, com o intuito de se realizar uma suplementação de ferro e possível prevenção/tratamento da anemia ferropriva, mantendo uma boa aceitação sensorial do produto final. Nesse contexto, os emulgéis, são sistemas coloidais possivelmente aplicáveis, que consistem de uma emulsão, em que em sua fase contínua existe a presença de um agente gelificante, dessa maneira, após a aplicação adequada de temperatura, pH e força iônica, as gotículas de óleo emulsionadas estarão aprisionadas na fase aquosa gelificada. Esse tipo de sistema possui as vantagens de menor instabilidade termodinâmica e cinética presente nos géis e o possível carregamento de moléculas lipossolúveis das emulsões. Dependendo da composição, os emulgéis possuem uma estrutura semi -sólida autossustentável, dessa forma, a aplicação desse sistema na formulação de alimentos como por exemplo os flans é adequada, sendo este um alimento de fácil preparo e amplamente aceito pelos consumidores.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

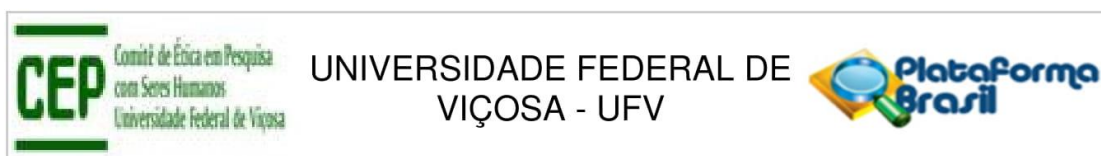
Objetivo Primário:

Estudar as propriedades físico-químicas de emulgéis contendo pirofosfato férrico ($\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$) e seu impacto na aceitabilidade sensorial de flans.

Objetivo Secundário:

- (1) Realizar a caracterização das propriedades viscoelásticas de hidrogéis de amido contendo ou não gelatina.
- (2) Preparar sistemas dispersos contendo em sua fase dispersa o óleo de girassol e a presença ou não de pirofosfato férrico, e em sua fase contínua a água, o amido e a presença ou não de gelatina.
- (3) Realizar nos sistemas formulados em (2) a caracterização de suas propriedades viscoelásticas, análise de cor, eficiência de aprisionamento e estabilidade cinética da localização do ferro.
- (4) Preparar 16 formulações de flan contendo emulgel e variando a presença ou não de gelatina e de pirofosfato férrico.
- (5) Realizar nas formulações preparadas em (4) a análise de perfil de textura (TPA).
- (6) Determinar a aceitabilidade sensorial dos flans formulados em (4) por meio do teste Rate-all-that-apply (RATA) e teste de aceitação, e correlacionar os resultados com a análise instrumental de textura.

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 3.265.175

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos:

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em algum tipo de desconforto ao participante como por exemplo, náuseas ou até mesmo fadiga, para minimizar esse risco o participante terá a liberdade de abandonar o experimento, caso este esteja lhe causando qualquer tipo de desconforto e a quantidade a ser ingerida será de livre vontade do participante. Outro possível risco envolvido na pesquisa refere-se ao desconforto causado pela ingestão do produto por pessoas diagnosticadas com alguma intolerância e/ou restrição a algum dos componentes, para minimizar este risco será informada a composição básica dos flans e as pessoas que apresentam alguma intolerância e/ou restrição aos componentes não poderão participar da pesquisa. Caso alguma pessoa não seja previamente diagnosticada com alguma intolerância e/ou restrição venha a sofrer de algum desconforto, a equipe envolvida nas diferentes fases da pesquisa proporcionarão assistência imediata. Além disso, como os flans são produzidos pela equipe de pesquisadores, pode ocorrer a probabilidade de contaminação e para evitar tais transtornos todos os membros da pesquisa irão tomar as medidas de precaução, relacionados à higiene e controle de qualidade, ao preparar e servir os flans.

e os seguintes Benefícios:

A pesquisa contribuirá para o aumento do espectro de aplicação dos emulgéis para o carreamento de compostos lipossolúveis na formulação de alimentos e predizer a aceitação de flans contendo emulgéis enriquecidos com pirofosfato férrico.

Avaliação:

Adequadamente descritos

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

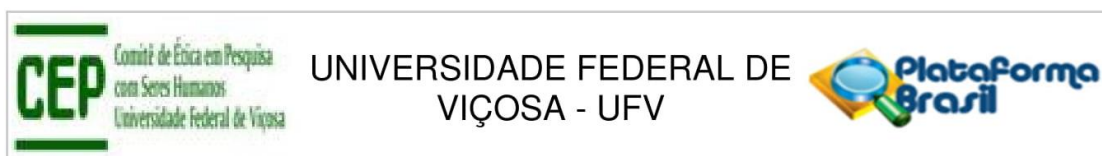
Os pesquisadores propõe formular 16 emulgéis, e submeter os produtos a análises instrumental e sensorial. Os dados serão submetidos a análise estatística e de correlação entre a análise instrumental e sensorial.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Considerações sobre os documentos apresentados pelo pesquisador:

1. Formulário online - Plataforma Brasil (PB):

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 3.265.175

2. Projeto:
3. Cronograma: Adequado
4. Folha de rosto: Adequada
5. Autorização: Não se aplica
6. Questionários: Apresentados
7. TCLE: Adequado

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1126989.pdf	19/03/2019 16:25:26		Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	19/03/2019 16:22:27	VITOR ALLEDI DA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_modificado.pdf	19/03/2019 16:15:31	VITOR ALLEDI DA ROCHA	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 3.265.175

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_modificado.pdf	19/03/2019 16:14:50	VITOR ALLEDI DA ROCHA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_modificado.pdf	19/03/2019 16:13:46	VITOR ALLEDI DA ROCHA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	26/11/2018 16:12:44	VITOR ALLEDI DA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Tcle.pdf	26/11/2018 16:11:27	VITOR ALLEDI DA ROCHA	Aceito
Outros	Outros.pdf	26/11/2018 16:09:33	VITOR ALLEDI DA ROCHA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 15 de Abril de 2019

Assinado por:
Maria da Conceição Aparecida Pereira Zolnier
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br