

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 01/02/2020.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de São José do Rio Preto

Vivian Ribeiro Diamantino

Estudo do comportamento de diferentes tipos de amido em presença de caseína e  
aplicação de amido em queijo fresco *light* como repositores de gordura

São José do Rio Preto  
2018

Vivian Ribeiro Diamantino

Estudo do comportamento de diferentes tipos de amido em presença de caseína e aplicação de amido em queijo fresco *light* como repositores de gordura

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Barretto Penna

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Célia Maria Landi Franco

São José do Rio Preto  
2018

Diamantino, Vivian Ribeiro

Estudo do comportamento de diferentes tipos de amido em presença de caseína e aplicação de amido em queijo fresco light como repositor de gordura / Vivian Ribeiro Diamantino. -- São José do Rio Preto, 2018.

132 f. : il.

Orientador: Ana Lúcia Barretto Penna

Coorientador: Célia Maria Landi Franco

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Queijo. 3. Gordura. 4. Amido. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. II. Título.

CDU – 637.3

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE  
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Vivian Ribeiro Diamantino

Estudo do comportamento de diferentes tipos de amido em presença de caseína e aplicação de amido em queijo fresco *light* como repositor de gordura

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

### Comissão Examinadora

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Lúcia Barretto Penna  
UNESP – São José do Rio Preto  
Orientador

Prof. Dr<sup>ª</sup>. Walkiria Hanada Viotto  
FEA / UNICAMP – Campinas

Prof. Dr<sup>ª</sup>. Vânia Regina Nicoletti Telis  
UNESP – São José do Rio Preto

Prof. Dr<sup>ª</sup>. Grazielle Aparecida Chiuchi Garcia  
UNILAGO – São José do Rio Preto

Prof. Dr<sup>ª</sup>. Ana Carolina Conti e Silva  
UNESP – São José do Rio Preto

São José do Rio Preto  
01 de fevereiro de 2018

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.

Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

**(Martin Luther King)**

**Dedico este trabalho...**

Aos meus pais Maria Teresa e Marcos,  
por serem minha eterna inspiração.

## AGRADECIMENTOS

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Barretto Penna, pela oportunidade, paciência, amizade e orientação em todas as etapas do desenvolvimento deste projeto e à minha co-orientadora Dr<sup>a</sup>. Célia Maria Landi Franco pelos conselhos valiosos.

Aos meus pais, Maria Teresa e Marcos por todo amor e dedicação e por estarem sempre ao meu lado, me dando força para seguir em frente e alcançar meus objetivos. À minha irmã, Vanessa, por ter sido minha companheira, não só ao longo da vida, como também durante o período do Doutorado, sempre me ajudando nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos do Laboratório de Leite e Derivados: Taís, Sabrina, Aline Souza, Carol e Bruna e aos amigos de outros laboratórios Mariana, Tatiane, Samara, Flávia, Marília e Márcia pela amizade, auxílio no laboratório e momentos de descontração, que tornaram esta longa caminhada muito mais feliz e prazerosa.

Em especial, ao amigo Walisson que contribuiu diretamente para a realização de todas as etapas desse projeto, sempre com disposição e bom humor.

Aos amigos, que mesmo longe, possuíram um papel muito importante nesta etapa em minha vida, contribuindo de diferentes formas para que eu chegasse até aqui: Augusto, Felipe, Ana Beatriz, Luana, Aline de Paula, Cecília, Kelly e Bruno.

À CAPES pela disponibilização de bolsa ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos.

Ao Centro de Microscopia e Microanálise do IBILCE – UNESP, São José do Rio Preto – S.P., ao Prof. Dr. Sebastião Roberto Taboga e à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Simone Leite Vilamaior, pelo auxílio na captura e interpretação das imagens de microscopia.

Aos técnicos Luíz Camolezzi, Luíz Falleiros, Alana, Tânia e Ginaldo, pelo auxílio nas mais diferentes situações no laboratório e nas análises requeridas.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Walkiria Hanada Viotto e à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vânia Regina Nicoletti Tellis, pelas valiosas sugestões durante o exame geral de qualificação.

Finalmente, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.



## RESUMO

A redução do teor de gordura afeta principalmente a textura dos queijos, assim como o sabor e o rendimento de produção. O uso de repositores de gordura é uma das estratégias que vem sendo utilizadas para melhorar a qualidade de queijos com reduzido teor de gordura. O amido pode atuar como repositores de gordura melhorando a textura dos queijos em função de sua alta capacidade de retenção de água. No entanto, embora existam trabalhos que estudaram o amido como repositores de gordura em diferentes queijos, são escassos os trabalhos que estudaram o amido como repositores de gordura em queijos frescos. Neste trabalho, o objetivo foi estudar o comportamento de diferentes tipos de amidos de milho: nativos (comum - RMS, ceroso - WMS e com alto teor de amilose - HAMS) e modificados (acetilado/adipato - AAMS e hidroxipropilado/fosfatado - HPMS) em presença de caseína, selecionar os tipos mais promissores como repositores de gordura em queijos e avaliar os efeitos nas características físico-químicas, de textura de microestrutura e sensoriais de queijo fresco *light*. Para isso, foram produzidas dispersões de caseína e amido em diferentes proporções simulando as concentrações normalmente utilizadas para os repositores de gordura em queijos (0,5, 1,0 e 1,5%) e considerando a proporção de caseína no leite (2,5%). Nas dispersões de caseína/amido, foram realizadas as análises de propriedades de pasta e térmicas, poder de inchamento e solubilidade, assim como análises de quantificação de amido no soro e de microscopia em coágulos de queijo adicionados de amido. A partir dos resultados, selecionou-se dois amidos para aplicação em queijo. Foram produzidas as seguintes formulações: queijo fresco com teor reduzido de gordura, sem adição de amido (C), queijo fresco com teor reduzido de gordura e adição de 1% de AAMS (A) e queijo fresco com teor reduzido de gordura e adição de 1% de HPMS (H). Nos queijos, foram avaliados: composição centesimal, rendimento, acidez e sinérese, perfil de textura, microestrutura (por Microscopia Confocal de Varredura a Laser) e teste de aceitação (aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global). Nas misturas de caseína e amido, no geral, com o aumento da concentração de amido na mistura, os amidos modificados apresentaram menores temperaturas de pico e baixos valores de variação de entalpia, necessitando de baixa temperatura para a gelatinização. Apresentaram ainda, menor tendência à retrogradação, alto poder de

inchamento e boa resistência às condições de processo. Ambos exibiram alta retenção na matriz de caseína, com baixíssima perda de amido no soro, além de permanecerem incorporados à matriz de caseína, comportando-se como um material de enchimento. Portanto, os amidos modificados foram considerados potenciais repositores de gordura e selecionados para a produção de queijo fresco com teor reduzido de gordura. Nos queijos, os amidos afetaram principalmente a dureza e a mastigabilidade. A dureza (N) foi consideravelmente menor para H ( $2,58 \pm 1,50$ ) do que para A ( $15,67 \pm 4,28$ ), quando comparada à C ( $29,32 \pm 4,97$ ). A mesma tendência foi observada para a mastigabilidade (N):  $0,91 \pm 0,60$  (H),  $7,79 \pm 2,50$  (A) e  $16,03 \pm 3,74$  (C). Além disso, os queijos do tratamento H também apresentaram o maior teor de umidade ( $71,54 \pm 1,98\%$ ) quando comparado com A ( $63,43 \pm 2,97\%$ ) e C ( $59,67 \pm 0,79\%$ ), o que destaca a maior capacidade de retenção de água do HPMS, devido à sua base cerosa. No entanto, os consumidores gostaram moderadamente da textura ( $7,22 \pm 1,38$ ) do queijo A, enquanto que desgostaram levemente da textura do queijo H ( $4,69 \pm 2,08$ ) e de suas demais características sensoriais, em função de seu acentuado sabor ácido e de sua textura extremamente macia, mais semelhante à de um creme de queijo. Assim, o amido AAMS pode ser considerado um potencial repositores de gordura para queijos frescos, uma vez que diminuiu significativamente a dureza do queijo e teve uma boa aceitação de suas características sensoriais, podendo, desta forma, contribuir para a melhora da qualidade geral de queijos frescos com teor reduzido de gordura. Além disso, em função das características do amido HPMS observadas, estudos adicionais com a aplicação desse amido em queijos espalháveis (como cream cheese, creme de ricota ou creme de queijo fresco), assim como a caracterização físico-química, de textura, microbiológica e sensorial desses novos produtos, pode auxiliar na produção de queijos espalháveis *light*, de boa qualidade. Assim, o conhecimento obtido pode contribuir para o desenvolvimento de novas formulações para diferentes tipos de queijos frescos com teor reduzido de gordura, a serem lançados no mercado.

**Palavras-chave:** Queijo frescal; queijo com teor reduzido de gordura; amido modificado; propriedades de pasta; textura; microestrutura.

## **ABSTRACT**

*Reduction of fat content mainly affects the texture of cheese, as well as its flavor and yield. The use of fat replacers is one of the strategies that have been used to improve the quality of low fat cheeses. Starch may act as a fat replacer by improving the texture of cheeses due to its high water holding capacity. However, although there are studies on starch as a fat replacer in different cheeses, there are few studies that have been studied starch as a fat replacer in fresh cheeses, such as the traditional Brazilian fresh cheese. Therefore, the aim of this research was to study the behavior of different types of maize starches: native (common - RMS, waxy - WMS, and high amylose - HAMS) and modified (acetylated/adipate - AAMS and hydroxypropylated/phosphate - HPMS) in the presence of casein and to evaluate the effects of starch as fat replacer on the physico-chemical, texture, microstructure and sensorial characteristics of a reduced-fat Minas fresh cheese. Dispersions of casein and starch in different ratios were produced simulating the concentrations normally used for fat replacers in cheese (0.5, 1.0 and 1.5%), and the proportion of casein in milk (2.5%). Casein/starch dispersions were then analyzed for pasting properties, thermal properties, swelling power and solubility. There were also analyzed starch retention in casein matrix and microscopy of cheese curds added of starch. Reduced-fat cheeses were also produced with the starches selected in the previous tests. Three different formulations of fresh cheese were produced: a reduced fat control cheese without starch (C), a reduced fat cheese with 1% AAMS (A), and a reduced fat cheese with 1% HPMS (H). There were evaluated in the cheeses: gross composition, yield, acidity and syneresis on the storage time, instrumental texture profile, microstructure (Confocal Laser Scanning Microscopy) and sensory acceptability (appearance, aroma, texture and taste, as well as the overall acceptability). In the mixtures of casein and starch, generally, as starch concentration increased, the modified starches presented lower peak temperatures and low values of enthalpy variation, requiring low gelatinization temperatures. They also showed a lower tendency to setback, high swelling power and good resistance to processing conditions. Then, both starches showed high retention in the casein matrix, with very low starch loss in whey, besides being incorporated into the casein matrix, behaving like a filler, as observed by the microstructure of gels. Consequently, the modified starches were selected for the production and analysis of the*

*characteristics of reduced fat fresh cheeses. In cheeses, starch addition mainly affected hardness and chewiness. Hardness (N) significantly decreased, being more intense for H ( $2.58 \pm 1.50$ ) than for A ( $15.67 \pm 4.28$ ), when compared to C ( $29.32 \pm 4.97$ ). The same tendency was observed for chewiness (N):  $0.91 \pm 0.60$  (H),  $7.79 \pm 2.50$  (A), and  $16.03 \pm 3.74$  (C). In addition, H cheeses also presented the highest moisture content ( $71.54 \pm 1.98$  %) when compared to A ( $63.43 \pm 2.97$  %), and C ( $59.67 \pm 0.79$  %), which highlights the highest water binding capacity of HPMS, possibly due to its waxy base. However, consumers moderately liked the texture ( $7.22 \pm 1.38$ ) of A cheese and generally slightly disliked H texture ( $4.69 \pm 2.08$ ) and its overall sensory characteristics, due to its high acidic flavor and its extremely soft texture that was more similar to a spreadable cheese than to a fresh cheese. Therefore, AAMS could be considered a potential fat replacer for fresh cheeses, as it significantly decreased cheese's hardness and had a good acceptability of its sensory characteristics, which may contribute to the improvement of the overall quality of reduced fat fresh cheeses. Furthermore, due to its intrinsic characteristics observed in this paper, additional studies of HPMS addition in spreadable cheeses (e.g. cream cheese, cottage cheese plain, or fresh cheese plain) and the study of their fisicochemical, textural, microbiological and sensorial characteristics may contribute to the development of high-quality reduced-fat spreadable cheeses. Thus, the knowledge obtained in the present work may contribute to the development of new formulations for different types of reduced-fat fresh cheeses, to be produced by the industry.*

**Keywords:** *fresh cheese; reduced-fat cheese; modified starch; pasting properties; texture; microstructure.*

## **ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS**

Este trabalho foi organizado em quatro capítulos para melhor distribuição e compreensão dos assuntos abordados. O capítulo I compreende a introdução e justificativa do trabalho, assim como a revisão bibliográfica do tema abordado. O capítulo II compreende a primeira parte do projeto, que consiste no estudo das características de diferentes amidos de milho (comum, ceroso, com alto teor de amilose, acetilado/adipato e hidroxipropilado/fosfatado) em dispersões com a caseína, assim como no estudo de retenção de amido na matriz de caseína e da microestrutura de coágulos de queijos contendo amido. Este capítulo foi redigido na forma de um artigo científico, em inglês, a ser submetido à publicação em periódico internacional. O capítulo III compreende a produção de queijos do tipo frescal, com teor reduzido de gordura e adicionados de amido e a avaliação dos efeitos do amido como repositor de gordura nas características físico-químicas, de textura, de microestrutura e sensoriais dos queijos. Este capítulo foi também redigido na forma de artigo científico, em inglês, a ser submetido à publicação em periódico internacional. O capítulo IV compreende as conclusões gerais obtidas com o presente trabalho.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I - Comportamento do amido na presença de caseína e aplicação de amido como repositor de gordura em queijo fresco light</b>	<b>18</b>
---	-----------

<b>1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b>	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
2.1 Objetivo geral	21
2.2 Objetivos Específicos	21
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>22</b>
3.1 Queijo fresco	22
3.2 Queijos com teor reduzido de gordura	24
3.3 Repositores de gordura	26
3.4 Amido: estrutura e características	28
3.5 Caseína: estrutura e características	36
3.6 Interação amido/caseína	41
3.7 Aplicação de repositores de gordura, à base de amido, em queijos	47
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>50</b>

<b>CAPÍTULO II - Starch as a potential fat replacer for application in cheese: behavior of different starches in casein/starch mixtures and in the casein matrix</b>	<b>58</b>
--	-----------

<b>1 Introduction</b>	<b>60</b>
<b>2 Material and methods</b>	<b>63</b>
2.1 Materials	63
2.2 Study of starch properties in the presence of casein	64
2.2.1 Preparation of casein/starch mixtures	64
2.2.2 Pasting properties	64
2.2.3 Thermal properties	65
2.2.4 Swelling power	66
2.3 Study of starch interaction with casein matrix	66
2.3.1 Preparation of curd samples	66
2.3.2 Microstructural analysis	67
2.3.3 Starch content analysis	68
2.4 Statistical analysis	69
<b>3 Results and discussion</b>	<b>70</b>
3.1 Study of starch properties in the presence of casein	70
3.1.1 Pasting properties	70
3.1.2 Thermal properties	76
3.1.3 Swelling power	82
3.2 Starch behavior within casein matrix	85

3.2.1 Microstructural analysis	85
3.2.2 Starch content analysis	87
<b>4 Conclusions</b>	<b>88</b>
<b>Acknowledgments</b>	<b>89</b>
<b>Declaration of interest</b>	<b>89</b>
References	89

### **CAPÍTULO III - Effect of modified maize starches as fat replacers on textural, microstructural and sensory characteristics of a reduced-fat fresh cheese** **94**

<b>1. Introduction</b>	<b>96</b>
<b>2. Material and methods</b>	<b>98</b>
2.1. Material	98
2.2. Preliminary tests of cheese production with modified maize starch addition	99
2.3. Production of low fat fresh cheese	100
2.4. Chemical composition and physicochemical analyzes of the low-fat cheese samples	101
2.5. Texture profile analysis (TPA)	102
2.6. Microstructural analysis	102
2.7. Microbiological analyses	103
2.8. Sensory acceptability test	103
2.9. Statistical analyses	104
<b>3. Results and discussion</b>	<b>105</b>
3.1. Chemical composition and physicochemical analyzes of milk and cheese	105
3.2. Texture profile analysis (TPA)	110
3.3. Microstructure	112
3.4. Sensory Acceptability	115
<b>4. Conclusions</b>	<b>117</b>
<b>Acknowledgements</b>	<b>118</b>
<b>References</b>	<b>118</b>

### **CAPÍTULO IV - Conclusão Geral** **126**

### **ANEXOS** **129**

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo II

<b>Table 1.</b> Pasting properties of starch, CN and CN/starch dispersions.....	73
<b>Table 2.</b> Gelatinization temperatures: onset ( $T_o$ ), peak ( $T_p$ ), and conclusion ( $T_c$ ), and gelatinization enthalpy ( $\Delta H_{gel}$ ) of starch samples, CN and CN/starch dispersions.....	79
<b>Table 3.</b> Retrogradation temperatures: onset ( $T_o$ ), peak ( $T_p$ ) and conclusion ( $T_c$ ), retrogradation enthalpy ( $\Delta H_{ret}$ ) and retrogradation rate (% R) of starch, CN and CN/starch dispersions .....	81
<b>Table 4.</b> Swelling power of starch, CN, and CN/starch dispersions at different temperatures.....	82
<b>Table 5.</b> Starch content in whey and starch retention in curds produced with modified starches.....	87

### Capítulo III

<b>Table 1.</b> Chemical composition and yield of reduced-fat cheese samples.....	106
<b>Table 2.</b> Texture profile of reduced-fat cheese samples at 10 days of storage.....	111
<b>Table 3.</b> Sensory acceptability of reduced-fat cheeses at 10 days of storage.....	115



## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

- Figura 1.** Estrutura das moléculas de amilose (A) e amilopectina (B)..... 29
- Figura 2.** Estrutura semicristalina do amido formada pelas regiões amorfas e cristalinas.... 30
- Figura 3.** Esquema da interação entre as micelas de caseína: (a) micelas de caseína estericamente estabilizadas pela camada de caseinomacropéptido - CMP; (b) micelas de caseína após remoção da camada de CMP pela quimosina, resultando na aproximação das superfícies micelares..... 40
- Figura 4.** Perfil de pasta do amido de arroz ceroso (10% p/p) com proteínas do leite (10% p/p)..... 45

### Capítulo II

- Figure 1.** Pasting profile of casein:starch dispersions. Samples are casein in mixtures with: regular maize starch – RMS (A), waxy maize starch – WMS (B), acetylated/adipate maize starch with regular basis – AAMS (C), hydroxypropylated/phosphate maize starch with waxy basis – HPMS (D), and high-amylose maize starch – HAMS (E), in the proportions of 2.5:0.5 (—◆—), 2.5:1.0 (—■—), 2.5:1.5 (—▲—), and 0.0:1.0 (—\*—) casein:starch; F: pure calcium caseinate (—◆—); Temperature (—)..... 71
- Figure 2.** Endothermic profile of casein:starch mixtures. Samples are casein in mixtures with: regular maize starch – RMS (A), waxy maize starch – WMS (B), acetylated/adipate maize starch with regular basis – AAMS (C), hydroxypropylated/phosphate maize starch with waxy basis – HPMS (D), and high-amylose maize starch – HAMS (E) in the proportions of 0:1 - pure starch (a), 2.5:0.5 (b), 2.5:1.0 (c), and 2.5:1.5 (d) casein:starch. F represents pure calcium caseinate endothermic profile..... 77
- Figure 3.** Laser scanning confocal micrographs of curds with 1.5% of the following starches: (A) AAMS, magnification: 10 x; (B) AAMS, magnification: 40 x; (C) HPMS, magnification: 10 x; (D) HPMS, magnification: 40 x. Starch: stained in green; Casein: stained in red. AAMS: normal acetylated/adipate maize starch; HPMS: waxy hydroxypropylated/phosphate maize starch..... 86

### Capítulo III

- Figure 1.** Titratable acidity of the different cheese treatments during the storage period (4°C). C: Reduced-fat cheese (control); A: Reduced-fat cheese with AAMS (1%); H: Reduced-fat cheese with HPMS (1%). (n = 9)..... 108

**Figure 2.** Syneresis profile of the different cheese treatments during the storage period (4°C). C: Reduced-fat cheese (control); A: Reduced-fat cheese with AAMS (1%); H: Reduced-fat cheese with HPMS (1%). (n = 9). ..... 109

**Figure 3.** Laser scanning confocal micrographs of cheese's matrix. C: Reduced-fat cheese without starch - Control; A: Reduced-fat cheese with 1% AAMS; H: Reduced-fat cheese with 1% HPMS. Magnification: 10 x. Starch: stained in green; Casein: stained in red. AAMS: normal acetylated/adipate maize starch; HPMS: waxy hydroxypropylated/phosphate maize starch..... 113

# CAPÍTULO I

Comportamento do amido na presença de caseína e aplicação de amido como respositor de gordura em queijo fresco *light*

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Especialistas em todo o mundo têm recomendado a redução da ingestão de gorduras, objetivando a obtenção de benefícios relacionados à saúde e à estética. Entretanto, a gordura possui papel fundamental na cremosidade, aparência, aroma, maciez e suculência dos alimentos. Em queijos frescos, a retirada da gordura irá afetar principalmente sua textura, dando origem a uma textura mais firme e elástica, conhecida como "borrachenta", além de proporcionar menor rendimento e o surgimento de sabores atípicos. Uma das estratégias que vêm sendo utilizadas para melhorar as características de queijos com teores reduzidos de gordura é o uso de repositores de gordura, os quais são ingredientes que podem ser incorporados aos alimentos para substituição total ou parcial da gordura, fornecendo menores calorias.

Dentre os repositores de gordura, o amido é um dos ingredientes mais utilizados em alimentos, devido ao seu baixo custo e alta disponibilidade. Em queijos com teores reduzidos de gordura, o amido pode atuar aumentando a maciez e o rendimento dos queijos, em função de sua alta capacidade de retenção de água, após o processo de gelatinização. Entretanto, diferentes comportamentos durante o aquecimento são observados de acordo com os diferentes tipos de amido, o que afeta diretamente as características de seus géis. Amidos comuns (com 20 - 30% de amilose) se caracterizam pela formação de um gel consistente, enquanto amidos cerosos (com traços de amilose) formam géis fracos e coesivos, com baixa tendência à retrogradação. Ainda, amidos com alto teor de amilose (> 50% de amilose) formam filmes com facilidade, necessitando, porém, de altas temperaturas de gelatinização. Por outro lado, amidos quimicamente modificados, principalmente estabilizados e inter cruzados, são amplamente utilizados na indústria de alimentos, por possuírem propriedades tecnológicas melhoradas,

como: redução das temperaturas de gelatinização, menor tendência à retrogradação e maior resistência às condições de processo. Porém, embora existam alguns estudos sobre o comportamento das proteínas do leite e diferentes amidos, muitos aspectos fundamentais ainda continuam sem resposta, como as características de gelatinização do amido em presença da caseína e o comportamento do amido gelatinizado na matriz de caseína do queijo. Assim, o estudo do comportamento de diferentes tipos de amidos nativos e modificados, tanto em misturas com caseína, quanto na matriz de coágulos de queijo, pode auxiliar na elucidação do comportamento do amido na matriz de caseína e, conseqüentemente, na sua utilização como um potencial repositor de gordura. Além disso, a aplicação prática desses amidos na produção de queijos tipo frescal, com teor reduzido de gordura, juntamente com o estudo de suas características tecnológicas e sensoriais, poderá complementar o conhecimento a respeito dos efeitos do amido, como repositor de gordura, na melhora das características gerais de queijos frescos com reduzido teor de gordura. Este conhecimento poderá auxiliar a indústria de alimentos no desenvolvimento de novos produtos lácteos *light*.

## **Acknowledgements**

This study was financially supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq - Project 307155/2015-3) and the Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education (CAPES). The authors are grateful to Cargill for supplying the starches, and to Mr. Luiz Roberto Falleiros Júnior for microscopy technical assistance.

## **References**

APHA - American Public Health Association (1992). Compendium of methods for the examination of foods. 3. ed. Washington: Edwards Brothers, Ann Arbor, 1219p.

Artiga-Artigas, M., Acevedo-Fani, A., & Martín-Belloso, O. (2017). Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control*, 76, 1-12.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. (1997). Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists international (16th ed.). Arlington: AOAC.

BeMiller, J. N., & Whistler, R. (2009). *Starch: Chemistry and Technology*, 3 ed. (pp. 149-227). Burlington: Academic Press.

Brasil (1996). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Brasília, DF, 07 mar. 1996. Available from <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-146-de-07-03-1996,669.html>> Accessed in 23.09.17 (in Portuguese).

Brasil (2001). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF, 02 de Jan. 2001. Available from <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_12\\_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b)>. Accessed in 23.09.17 (in Portuguese).

Brasil (2006). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. Brasília, DF, 12 dez. 2006. Available from < [http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro\\_ged/pdf/958\\_GED.pdf](http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro_ged/pdf/958_GED.pdf) > Accessed in 23.09.17 (in Portuguese).

Brown, K. M., McMannus, W. R., & McMahon, D. J. (2012). Partitioning between curd and whey and effect on curd syneresis and gel microstructure. *Journal of Dairy Science*, 95 (12), 6871-6881.

Buriti, F. C. A., Rocha, J. S., & Saad, S. M. I. (2005). Incorporation of *Lactobacillus acidophilus* in Minas fresh cheese and its implications for textural and sensorial properties during storage. *International Dairy Journal*, 15(12), 1279-1288.

Conti-Silva, A. C., Silva, M. E. M. P., & Arêas, J. A. G. (2011). Sensory acceptability of raw and extruded bovine rumen protein in processed meat products. *Meat Science*, 88 (4), 652-656.

Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. (2008). *Fennema's Food Chemistry*. 4 ed. (pp. 130-135). Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.

Dantas, A. B., Jesus, V. F., Silva, R., Almada, C. N., Esmerino, E. A., Cappato, L. P., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Cavalcanti, R. N., Carvalho, C. C., Sant'Ana, A. S., Bolini, H. M. A., Freitas, M. Q., & Cruz, A. G. (2016). Manufacture of probiotic Minas Frescal cheese with *Lactobacillus casei* Zhang. *Journal of Dairy Science*, 99 (1), 18-30.

Dejmek, P., & Walstra, P. (2004). The syneresis of rennet-coagulated curd. In P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, & T. P. Guinee (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics & microbiology-general aspects Vol. 1* (3rd ed.) (pp. 71-99). London: Academic Press.

Diamantino, V. R., Beraldo, F. A., Sunakozawa, T. N., & Penna, A. L. B. (2014). Effect of octenyl succinylated waxy starch as a fat mimetic on texture, microstructure and physicochemical properties of Minas fresh cheese. *LWT – Food Science and Technology*, 56 (2), 356-362.

Duggan, E., Noronha, N., O’Riordan, E. D., & O’Sullivan, M. (2008). Effect of resistant starch on the water binding properties of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*, 84(1), 108–115.



Ferrão, L. L., Silva, E. B., Silva, H. L. A., Silva, R., Mollakhalili, N., Granato, D., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Padilha, M. C., Zacarchenco, P. B., Barbosa, M. I. M. J., Mortazavian, A. M., & Cruz, A. G. (2016). Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. *Food Research International*, 86, 93-102.

Fritzen-Freire, C. B., Müller, C. M. O., Laurindo, J. B., & Prudêncio, E. S. (2010). The influence of *Bifidobacterium* Bb-12 and lactic acid incorporation on the properties of Minas Frescal cheese. *Journal of Food Engineering*, 96, 621-627.

Fu, W., & Nakamura, T. (2017). Effects of starches on the mechanical properties and microstructure of processed cheeses with different types of casein network structures. *Food Hydrocolloids*, available on: <<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.001>>, Article in press.

Karimi, R., Azizi, M. H., Ghasemlou, M., & Vaziri, M. (2015). Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review. *Carbohydrate Polymers*, 119, 85-100.

Kavas, G., Oysun, G., Kinik, O., & Uysal, H. (2004). Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry*, 88(3), 381-388.

Kett, A. P., Chaurin, V., Fitzsimons, S. M., Morris, E. R., O'mahony, J. A., & Fenelon, M. A. (2013). Influence of milk proteins on the pasting behaviour and microstructural characteristics

of waxy maize starch. *Food Hydrocolloids*, 30 (2), 661-671.

Magenis, R. B., Prudêncio, E. S., Fritzen-Freire, C. B., Stephan, M. P., Egito, A. S., & Daguer, H. (2014). Rheological, physicochemical and authenticity assessment of Minas Frescal cheese. *Food Control*, 45, 22-28.

Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2007). *Sensory evaluation techniques* (4th ed.). Boca Raton: CRC Press

Mistry, V. V. (2001). Low fat cheese technology. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 413-422.

Mohamed, G.A. (2015). Low-fat cheese: a modern demand. *International Journal of Dairy Science* 10(6), 249-265.

Mounsey, J. S., & O’Riordan, E. D. (2008). Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*, 22(6), 1160-1169.

Noronha, N., Duggan, E., Ziegler, G. R., Stapleton, J. J., O’Riordan, E. D., & O’Sullivan, M. (2008). Comparison of microscopy techniques for the examination of the microstructure of starch-containing imitation cheeses. *Food Research International*, 41(5), 472-479.

Obesity Society (2015). Obesity in Latin America. (Available at:)

<http://www.obesity.org/resources/facts-about-obesity/obesity-latin-america> (Access: 20/11/2017).

O'Connor, T. P., & O'Brien, N. M. (2011). Butter and other milk fat products e fat replacers. In J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of dairy sciences* (2nd ed.) (pp. 528-532). San Diego: Academic Press.

Oliveira, E. W., Esmerino, E. A., Carr, B. T., Pinto, L. P. F., Silva, H. L. A., Pimentel, T. C., Bolini, H. M. A., Cruz, A. G., & Freitas, M. Q. (2017). Reformulating Minas Frescal cheese using consumers' perceptions: Insights from intensity scales and check-all-that-apply questionnaires. *Journal of Dairy Science*, 100 (8), 6111–6124.

Piazzon-Gomes, J., Prudencio, S. H., & Silva, R. S. S. F. (2010). Minas frescal cheese with soy product: physical, chemistry and sensorial characteristics. *Food Science and Technology*, Campinas, 30 (1), 77-85.

Rodríguez, J. (1998). Recent advances in the development of low-fat cheese. *Trends in Food Science and Technology*, 9(6), 249-254.

Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A. A., Karaca, O. B., & Kaya, A. (2008). Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar. *Journal of Dairy Research*, 75 (1), 1-7.

Sant'Ana, A. M. S., Bezerril, F. F., Madruga, M. S., Batista, A. S. M., Magnani, M., Souza, E.

L., & Queiroga, R. C. R. E. (2013). Nutritional and sensory characteristics of Minas fresh cheese made with goat milk, cow milk, or a mixture of both. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7442–7453.

Sarka, E., & Dvoracek, V. (2017). New processing and applications of waxy starch (a review). *Journal of Food Engineering*, 206, 77-87.

Sipahioglu, O., Alvarez, V. B., & Solano-Lopez, C. (1999). Structure, physico-chemical and sensory properties of feta cheese made with tapioca starch and lecithin as fat mimetics. *International Dairy Journal*, 9(11), 783-789.

Tárrega, A., Vélez-Ruiz, J. F., & Costell, E. (2005). Influence of milk on the rheological behaviour of cross-linked waxy maize and tapioca starch dispersions. *Food Research International*, 38 (7), 759-768.

Van de Velde, F., Weinbreck, F., Edelman, M. W., Van der linden, E., & Tromp, R. H. (2003). Visualization of biopolymers mixtures using confocal scanning laser microscopy (CSLM) and covalent labelling techniques. *Colloids and Surface B: Biointerfaces*, 31 (1-4), 159-168.

Ye, A. & Hewitt, S. (2009) Phase structures impact the rheological properties of rennet-casein-based imitation cheese containing starch. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 867-873.

Ye, A., Hewitt, S., & Taylor, S. (2009). Characteristics of rennet–casein-based model processed

cheese containing maize starch: Rheological properties, meltabilities and microstructures. *Food Hydrocolloids*, 23 (4), 1220–1227.

Zisu, B., & Shah, N. P. (2005). Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. *International Dairy Journal*, 15(6-9), 957-972

# **CAPÍTULO IV**

Conclusão Geral

## CONCLUSÃO GERAL

No geral, o estudo das propriedades dos amidos em presença de caseína mostrou que os amidos modificados: AAMS e HPMS apresentaram melhores resultados como potenciais repositores de gordura. Com o aumento da concentração de amido nas misturas com caseína, os amidos modificados apresentaram altas viscosidades de pasta e alto poder de inchamento, indicando maior potencial de incorporação de água nos queijos. Além disso, apresentaram menores temperaturas de pico e baixos valores de variação de entalpia, necessitando de baixas temperaturas de gelatinização, importante na produção de queijos, uma vez que altas temperaturas de aquecimento do leite podem dificultar a etapa de coagulação. Os amidos modificados apresentaram ainda boa resistência às condições de processo e menor tendência à retrogradação, o que é importante no controle da sinérese, que, em excesso, é considerada um defeito em queijos frescos. Além disso, os amidos modificados apresentaram alta retenção na matriz de caseína, com baixíssima perda de amido no soro, além de se apresentarem incorporados à matriz de caseína, comportando como um material de enchimento. Em função destas características, os amidos modificados AAMS e HPMS foram selecionados para a produção e análise das características de queijos frescal com teor reduzido de gordura.

Os queijos com amido HPMS (H) apresentaram maior teor de umidade, maior rendimento de produção e maior acidez ao final da estocagem, além de apresentarem baixa sinérese, quando comparado aos queijos com amido AAMS (A) e controle, sem amido (C), respectivamente, indicando a alta capacidade de retenção de água do amido HPMS. A adição de amido afetou os parâmetros de textura dos queijos. A dureza e a mastigabilidade foram mais influenciadas e diminuíram significativamente ( $p \leq 0,05$ ), sendo esta redução maior para os

queijos H do que para A, quando comparado ao queijo C. Além disso, as microestruturas dos queijos mostraram os grânulos de amido inchados, aprisionados na matriz de caseína, em ambos os queijos adicionados de amido; o queijo H apresentou maior interrupção de sua estrutura que o queijo A. No entanto, os consumidores gostaram moderadamente da textura ( $7,22 \pm 1,38$ ) do queijo com AAMS, assim como das características sensoriais do queijo como um todo, enquanto que, desgostaram levemente da textura do queijo com HPMS ( $4,69 \pm 2,08$ ) e das outras características sensoriais, em função, principalmente, de seu acentuado gosto ácido e de sua textura extremamente macia, semelhante a observada em creme de queijo.

Portanto, o amido AAMS pode ser considerado um potencial repositor de gordura para aplicação em queijos frescos em geral, uma vez que diminuiu significativamente a dureza do queijo frescal e teve uma boa aceitação sensorial.

Além disso, em função das características do amido HPMS observadas neste trabalho, estudos adicionais com a aplicação desse amido em queijos espalháveis (como cream cheese, creme de ricota ou creme de queijo frescal), assim como a caracterização físico-química, de textura, microbiológica e sensorial desses novos produtos, pode auxiliar na produção de queijos espalháveis *light*, de boa qualidade.

Assim, o conhecimento obtido no presente estudo pode contribuir para o desenvolvimento de diferentes tipos de queijos frescos com teor reduzido de gordura, com boa qualidade tecnológica e sensorial, a serem lançados no mercado.