



Universidade de Aveiro Departamento de Química
Ano 2012/2013

**SOFIA PINTO
AMARO**

**FUNCIONALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE AMIDOS
EM MATÉRIAS-PRIMAS NATURAIS**



Universidade de Aveiro Departamento de Química
Ano 2012/2013

**SOFIA PINTO
AMARO**

FUNCIONALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE AMIDOS EM MATÉRIAS-PRIMAS NATURAIS

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia, ramo de Biotecnologia Alimentar, realizada sob orientação científica do Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva, Professor do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e Mestre Pilar Morais, Diretora do Departamento de Inovação e Desenvolvimento da Frulact, S.A..

Dedico este trabalho aos meus pais.

o júri

presidente

Doutor João Manuel da Costa e Araújo Pereira Coutinho

Professor associado com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Mestre Pilar Morais

Diretora do Departamento de Inovação e Desenvolvimento da Frulact, S.A..

Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva

Investigador auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Doutora Ivonne Delgadillo Giraldo

Professora associada com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Começo por dirigir os meus agradecimentos à Universidade de Aveiro, na qual tenho imenso orgulho de ter feito parte. Há cinco anos atrás, iniciava a minha vida de caloiria, cheia de sonhos e inseguranças. Hoje, saio uma jovem formada e por isso, mais rica. Os sonhos, esses continuam!

O meu obrigado vai também para os meus professores. Foram eles que me guiaram até aqui. Obrigada por todo o conhecimento transmitido. Ao professor Jorge Saraiva, agradeço a dedicação e entusiasmo partilhados na exploração da indústria e da biotecnologia alimentar.

Um obrigado muito especial à Frulact, que se estende a todas as pessoas que tive o prazer de conhecer durante o estágio. Fizeram-me sentir uma verdadeira *Frulacteana*! Cláudia, foste incansável e fico-te muito grata por toda a paciência e dedicação. Pilar, os nove meses de estágio no mundo real do trabalho foram a melhor prenda de fim de curso. Muito obrigada pelo acolhimento e partilha de experiências.

A ti, Zé, obrigada por não me deixares desanimar nos momentos de maior ansiedade. Fizeste-me sentir que a Maia ficava mesmo aqui, ao virar da rua. Obrigada pelo carinho e apoio constantes.

Por fim, agradeço aos meus pais e irmão. Sem eles todo este percurso seria impossível. Pelos sacrifícios, pela paciência, amor e dedicação, obrigada! “Vos gosto muito!”

Um obrigado especial ao meu pai por toda a dedicação na construção do dispositivo mecânico que desenhei para agitação homogénea de 3 réplicas, apresentado neste relatório.

palavras-chave**Funcionalização do amido, gelatinização, viscosidade, preparados de fruta, naturalidade****resumo**

A inovação e a capacidade de corresponder às tendências e necessidades do consumidor, são ferramentas essenciais para o sucesso da indústria alimentar. A Frulact é uma empresa que prima pela capacidade de inovar, criando produtos e processos revolucionários. O presente trabalho, desenvolvido nesta empresa, encontra-se integrado no âmbito dos projetos *Naturalidade* e *Fruitonly* com os quais se pretende o desenvolvimento de preparados de fruta sem introdução de aditivos. Para o efeito, é necessário estudar a funcionalização de compostos naturalmente presentes em matérias-primas, como frutas e legumes, potencializando ao máximo as qualidades que lhes são intrínsecas. O amido é dos aditivos mais utilizados na indústria dos preparados de fruta, quer na sua forma nativa, quer na forma modificada, conferindo-lhes propriedades reológicas muito importantes. Este foi o ingrediente selecionado para o desenvolvimento do presente trabalho.

A aplicação de métodos de funcionalização tecnológica em amidos nativos, extraídos das suas fontes botânicas, não representa uma novidade para a indústria. O desafio deste projeto vai mais além e centra-se na manipulação do potencial espessante deste hidrocolóide na matriz de matérias-primas naturais. Isto é, pretende-se manipular a gelatinização do amido nos próprios legumes, frutas ou farinhas, para que estes possam ser integrados em formulações de preparados, conferindo-lhes características reológicas e de textura adequadas. Este projeto representa uma oportunidade de negócio no mercado da indústria alimentar e pretende ir de encontro às tendências do consumidor, cada vez mais centralizadas na naturalidade dos produtos alimentares.

keywords**Starch functionalization, gelatinization, viscosity, fruit preparations, naturality****abstract**

Innovation and the ability to satisfy the consumer's needs and trends are essential tools for the success of the food industry. Frulact is a company that excels in its ability to innovate, to create revolutionary products and processes. This work was conducted in this company and is integrated in two projects called *Naturality* and *Fruitonly*, which intend to develop a fruit preparation without the introduction of any additives. For this purpose it was necessary to study the functionalization of compounds that are naturally present in fruit or vegetables, enhancing its intrinsic qualities. Starch is one of the most used additives in the fruit preparations industry, either in their native form or in a modified form, giving them distinct rheological properties. Therefore, starch was the selected target for the development of this work.

The functionalization technology applied in native starches, extracted from their botanical sources, is not new to the industry. The goal of this project is the manipulation of the thickener character of this hydrocolloid in the natural raw material matrix. It is intended to manipulate the starch gelatinization in vegetables, fruits or flours so they can be integrated in fruit preparation formulations, giving them the suitable texture and rheological characteristics.

This project represents a business opportunity in the food industry market and aims to respond to the consumer trends which are increasingly centered on the naturalness of food products.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. Frulact.....	1
1.2. Objetivo e Estratégia de Inovação	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Preparados de fruta	5
2.1.1. Processo de fabrico	6
2.1.2. Critérios de qualidade físico-químicos	7
2.1.3. Fatores de aceitabilidade sensorial	9
2.1.4. Aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos.....	10
2.1.5. Tendências de Consumo e Análise de Mercado	11
2.2. Hidrocolóides alimentares	15
2.2.1. Visão geral	15
2.2.2. Amido	16
2.2.2.1. Função, localização e estrutura.....	16
2.2.2.2. Fontes de amido.....	17
2.2.2.3. Tipos de amido: nativo e modificado	23
2.2.2.4. Gelatinização do amido	23
2.2.2.5. Retrogradação	25
2.2.2.6. Análise microscópica de grânulos de amido	26
2.2.2.7. Técnicas de funcionalização	29
2.2.2.7.1. Funcionalização química.....	29
2.2.2.7.2. Funcionalização física	31
2.2.2.7.2.1. Pré-gelatinização (conceito na literatura).....	31

2.2.2.7.2.2. Pré-gelatinização (Método aplicado na Frulact)	31
2.2.2.7.3. Funcionalização enzimática	32
2.2.2.8. Aplicações do amido na indústria alimentar.....	33
2.3. Reologia.....	34
2.3.1. Viscosidade.....	34
2.3.1.1. Fatores que influenciam a viscosidade	35
2.3.1.2. Tipo de Fluidos.....	35
2.3.1.2.1. Fluidos Newtonianos.....	36
2.3.1.2.2. Fluidos Não-Newtonianos.....	36
2.3.2. Comportamento reológico de preparados de fruta para iogurte	37
2.4. Textura.....	38
2.4.1. Métodos de determinação	39
2.4.1.1. Instrumentais	39
2.4.1.2. Sensoriais.....	41
3. EXTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL	44
4. MATERIAL E MÉTODOS	47
4.1. Preparação de amostras	47
4.1.1. Amostras frescas.....	47
4.1.1.1. Amostras concentradas.....	48
4.1.1.2. Amostras diluídas (2, 4, 6 e 8% de amido).....	48
4.1.2. Amostras secas.....	48
4.2. Tratamento das amostras diluídas	48
4.2.1. Pré-aquecimento	49
4.2.2. Pasteurização	49
4.3. Caracterização das amostras diluídas	49

4.3.1. Viscosidade.....	50
4.3.2. Análise microscópica dos grânulos de amido.....	50
4.3.3. Teor em sólidos solúveis	50
4.3.4. pH	50
4.4. Técnicas de funcionalização.....	51
4.4.1. Hidrólise enzimática (banana <i>plantain</i>).....	51
4.4.2. Pré-gelatinização – Método Frulact (amostras secas)	51
4.4.2.1. Ensaio de suspensão de pedaços de morango.....	53
4.5. Desenvolvimento de novos preparados de fruta.....	54
4.5.1. Adaptação do processo de pré-gelatinização	54
4.5.2. Formulação de preparados de fruta.....	55
4.5.3. Caracterização dos preparados de fruta	56
4.5.3.1. Resistência ao escoamento	56
4.5.3.2. Viscosidade, Teor em Sólidos Solúveis e pH.....	56
4.5.3.3. Teste de envelhecimento/estabilidade dos preparados	57
4.5.3.4. Análise sensorial.....	57
4.5.3.4.1. Formação do painel de provadores.....	57
4.5.3.4.2. Preparação de amostras para prova	58
4.5.3.4.3. Provas	58
4.5.3.4.4. Teste de preferência.....	58
4.6. Análise estatística	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1. Caracterização das amostras diluídas	61
5.1.1. Viscosidade.....	61
5.1.2. Efeito da temperatura nos grânulos de amido (análise microscópica) 67	

5.1.3. pH e Teor em Sólidos Solúveis	72
5.2. Técnicas de funcionalização	74
5.2.1. Hidrólise enzimática (banana <i>plantain</i>).....	74
5.2.2. Pré-gelatinização (amostras secas)	76
5.2.2.1. Ótimização do processo.....	76
5.2.2.2. Ensaio de suspensão de pedaços de morango.....	82
5.3. Desenvolvimento de novos preparados de fruta.....	84
5.3.1. Caracterização dos preparados de fruta	84
5.3.1.1. Resistência ao escoamento	84
5.3.1.2. Viscosidade.....	86
5.3.1.3. pH e Teor em Sólidos Solúveis	87
5.3.1.4. Teste de envelhecimento	88
5.3.1.5. Análise sensorial.....	89
5.3.1.5.1. Perfil de textura	89
5.3.1.5.2. Teste de preferência.....	92
6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	95
7. OUTROS TRABALHOS DESENVOLVIDOS	98
7.1. Ensaio de resistência de bomba de amido	98
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
9. ANEXOS	I
Anexo A – Registo fotográfico das farinhas estudadas no projeto	i
Anexo B – Cálculo da quantidade de matéria-prima necessária à preparação de amostras diluídas	ii
Anexo C – Procedimento para prova de iogurtes: perfil de textura	iii
Anexo D – Ficha de prova para análise sensorial: perfil de textura em iogurtes v	

Anexo E – Formulas originais dos preparados de morango e pêsego	vii
Anexo F – Formulas de novos preparados de fruta desenvolvidos, com aplicação de farinhas com amido pré-gelatinizado.....	ix
Anexo G – Fichas nutricionais dos preparados de fruta desenvolvidos, com aplicação de farinhas com amido pré-gelatinizado.....	xi
Anexo H – Novos preparados de fruta desenvolvidos (registo fotográfico)	xii
Anexo I – Análise estatística (análise sensorial – perfil de textura em iogurte).....	xiii
Anexo J – Aplicação de preparados com amido nativo de arroz ou farinha de arroz pré-gelatinizada em iogurte	xxi
Anexo K – Revisão bibliográfica de patentes	xxii

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Iogurtes análogos ao que se pretende desenvolver através da incorporação de um preparado <i>Fruitonly</i> no produto láteo. Pesquisa do <i>innova database</i>	14
Tabela 2 - Teor de amido presente no peso seco de diferentes grupos de espécies vegetais.....	18
Tabela 3 - Composição em amido, água e fibra das matérias-primas estudadas.....	22
Tabela 4 - Principais descritores utilizados na caracterização de alimentos semi-sólidos.	43
Tabela 5 – Proporção de matéria-prima necessária para preparação de amostras com 2, 4, 6 e 8% de amido.	47
Tabela 6 – Proporção de farinha/água utilizada na preparação de soluções de matérias-primas diluídas, submetidas a pré-gelatinização. % de amido correspondente a cada solução.....	52
Tabela 7 - Temperatura de gelatinização, proporção amilose/amilopectina e diâmetro dos grânulos de amidos nativo, extraído de fontes naturais. Dados recolhidos na literatura.	64
Tabela 8 - Variação do pH e de TSS de amostras diluídas com 4% de amido, em função das diferentes matérias-primas analisadas. Análise realizada à temperatura ambiente, após tratamento térmico: pasteurização - no caso das amostras frescas - e pré-aquecimento, seguido de pasteurização – no caso das amostras secas. Ensaio realizado em triplicado.	73
Tabela 9 - Relação entre % de amido, farinha e viscosidade dos purés de farinhas que adquiriram melhores resultados de textura no <i>screening</i> de viscosidade.....	77
Tabela 10 - Condições de pré-gelatinização selecionadas para cada tipo de farinha.	82
Tabela 11 - Especificações dos preparados originais de morango e pêssego, à temperatura ambiente.	84
Tabela 12 - Resistência ao escoamento dos novos preparados de fruta de morango e pêssego, em função da fonte de amido, à temperatura ambiente. Medições realizadas em triplicado.....	85
Tabela 13 - Viscosidade dos novos preparados de fruta de morango e pêssego, em função da fonte de amido, à temperatura ambiente. Medições realizadas em triplicado.....	86

Tabela 14 - Valores pH e teor em sólidos solúveis dos novos preparados de fruta de morango e pêssego, em função da fonte de amido, determinados à temperatura ambiente. Medições realizadas em triplicado.	87
Tabela 15 - Análise estatística (teste de <i>Kruskal-Walis</i>) relativa ao perfil de textura em iogurtes com preparados de morango.....	90
Tabela 16 - Análise estatística (teste de <i>Kruskal-Walis</i>) relativa ao perfil de textura em iogurte com preparados de pêssego.....	92
Tabela 17 – Formulação original do preparado de morango.....	vii
Tabela 18 - Formulação original do preparado de pêssego.....	viii
Tabela 19 - Novas formulações de preparados de morango.....	ix
Tabela 20 - Novas formulas de preparados de pêssego.....	x
Tabela 21 - Valores nutricionais dos novos preparados de fruta desenvolvidos.....	xi
Tabela 22 - Análise Estatística: teste de normalidade aplicado no ensaio de análise sensorial com preparados de morango	xiii
Tabela 23 - Análise Estatística: teste de normalidade aplicado no ensaio de análise sensorial com preparados de pêssego.....	xiv
Tabela 24 - Análise Estatística: análise descritiva e comparação de grupos, através do método de <i>Kruskal-Wallis</i> , relativamente ao preparado de morango (análise do perfil de textura).....	xv
Tabela 25 - Análise Estatística: análise descritiva e comparação de grupos, através do método de <i>Kruskal-Wallis</i> , relativamente ao preparado de pêssego.....	xviii

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Logotipo da empresa Frulact [1].....	1
Figura 2 - Preparado de morango com pedaços [5].....	5
Figura 3 - Iogurtes em camadas: A - ocorrência de sinerese provoca descoloração do iogurte; B – Iogurte em camadas sem sinais de sinerese [5].....	8
Figura 4 - Inquérito realizado a 4000 Europeus, em 2012. Resposta à pergunta: “Quão importantes são para si as seguintes propriedades, num produto alimentar?” [15]. 12	
Figura 5 - Estudo relativo à % de consumidores europeus que evitam comprar produtos para os seus filhos, com “elementos E” no rótulo. Inquérito realizado a 3022 pessoas dos 5 diferentes países europeus, entre 2009 e 2010 [15].....	13
Figura 6 - Estrutura molecular do amido. [14]	16
Figura 7 - Estrutura dos grânulos de amido: A - modelo da estrutura interna de um grânulo de amido com anéis de crescimento; B: Estrutura da amilopectina com representação das regiões amorfas (C) e cristalinas (D) [20].....	17
Figura 8 - Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>): A – inteira ou cortada em pedaços; B – puré de batata-doce (amostra fornecida à Frulact pelo fornecedor <i>Kanegrade</i>)	19
Figura 9 - Bananas do género <i>Musa</i> : A – Banana-verde; B – Banana <i>plantain</i>	19
Figura 10 – Sementes de amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>) [28]	20
Figura 11 - Efeito da temperatura na viscosidade de uma solução aquosa de amido nativo [18]	24
Figura 12 – Processo de retrogradação do amido: A - Grânulo de amido nativo; B - Amido gelatinizado (o grânulo incha e ocorre libertação da amilose para o meio aquoso) C - Retrogradação (reassociação das moléculas de amilose e estabelecimento de ligações de hidrogénio com o grânulo gelatinizado) [19].	26
Figura 13 - Grânulos de amido de arroz: A – aglomerados com centenas de grânulos de amido de arroz que, individualmente, apresentam 1-3µm de diâmetro; B – Grânulos de amido corados, mediante o método de coloração com iodo. Ampliação não definida. [14]	27
Figura 14 - Grânulos de amido observados por microscopia ótica de luz polarizada: A – Amido de batata; B – Amido de arroz. Ampliação não definida [14].	28
Figura 15 - Grânulos de amido observados por MEV, ampliado 600x: A – Amido de batata; B – Amido de arroz [14].....	29

Figura 16 - Apresentação esquemática da tensão de corte em função da taxa de corte de fluidos não-Newtonianos [43].	37
Figura 17 - Viscosímetro <i>Brookfield</i> . [43]	39
Figura 18 - Consistômetro de <i>Bostwick</i> : A – Esquema do dispositivo (1- compartimento para a amostra; 2 – alavanca; 3 – compartimento com fundo graduado em cm; 4 – pés reguláveis; 5 – nível) B – Imagem real do instrumento.	40
Figura 19 - Esquema representativo das etapas experimentais desenvolvidas no projeto.	46
Figura 20 - Dispositivo mecânico para agitação homogênea de 3 réplicas.	52
Figura 21 - Pedações de morango IQF com 10x10 mm.	53
Figura 22 - Dispositivo mecânico para agitação homogênea de 3 réplicas, adaptado para a pré-gelatinização de amidos de farinhas, para incorporação em preparados de fruta.	55
Figura 23 - Variação da viscosidade em função da % de amido em amostras frescas, diluídas. Análise realizada após pasteurização, à temperatura ambiente. Ensaio realizado em triplicado.	62
Figura 24- Purés de matérias-primas frescas, com 4% de amido, após pasteurização a 95°C, durante 5 minutos: A e B - banana <i>plantain</i> e banana-verde (aspeto gelificado); C - batata-doce (aspeto não gelificado).	65
Figura 25 - Variação da viscosidade em função da % de amido em amostras secas diluídas. Análise realizada após pré-aquecimento e pasteurização, à temperatura ambiente. Ensaio realizado em triplicado.	66
Figura 26 - Grânulos de amido de banana-verde, banana <i>plantain</i> e batata-doce, corados com o método de iodo: A, C e E - sem tratamento térmico; B, D F - após pré-aquecimento até 75°C. Ampliado 40x.	68
Figura 27 - Grânulos de amido das farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha, corados com o método de iodo: A, C, E e G - sem tratamento térmico; B, D, F e H – após pré-aquecimento até 75°C.	70
Figura 28 – Grânulos de amido nativo (extraído e purificado) de milho ceroso (A e B) e de tapioca (C e D): A e C – sem tratamento térmico; B e D após pré-aquecimento até 75°C.	72
Figura 29 - Variação da viscosidade do puré de banana <i>plantain</i> (4% de amido) em função do tempo de reação enzimática - 5, 15 e 25 minutos a 50°C – e % de α -	

amilase - 0, 0,01, 0,015 e 0,03%. Medições realizadas à temperatura ambiente, após pasteurização. Ensaio realizado em triplicado.	75
Figura 30 - Grânulos de amido de banana <i>plantain</i> após hidrólise enzimática (50°C, 15 minutos) e pasteurização: A – puré padrão, com 0% α -amilase; B – puré com 0,03% de α -amilase. Ampliado 40x.	75
Figura 31 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 7,5% de farinha de banana-verde. Ensaio realizado em triplicado. ...	78
Figura 32 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 10% de farinha de arroz. Ensaio realizado em triplicado.....	79
Figura 33 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 12,5% de farinha de amaranto. Ensaio realizado em triplicado.....	80
Figura 34 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 12,5% de farinha de castanha. Ensaio realizado em triplicado.....	81
Figura 35 - Ensaio de suspensão de 20% de pedaços de morango IQF em purés (3,5% de amido) de farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha. Realizado à temperatura ambiente durante 25 dias: A, B, C e D – submetidas a pré-aquecimento e pasteurização; E, F, G e H – submetidos a pré-gelatinização e pasteurização.....	83
Figura 36 - Ensaio de envelhecimento do preparado de pêssego, desenvolvido com farinha de castanha, pré-gelatinizada: A - 1 dia à temperatura ambiente; B – 25 dias a 4°C; C – 25 dias à T ^a ambiente.....	88
Figura 37 - Análise do perfil de textura em iogurtes com aplicação de 20% de preparados de fruta de morango, realizados com diferentes fontes de amido.....	89
Figura 38 - Análise do perfil de textura em iogurtes com aplicação de 20% de preparados de fruta de pêssego, realizados com diferentes fontes de amido.	91
Figura 39 - Resultados do teste de preferência dos iogurtes de morango com preparado padrão (amido nativo de arroz) e com preparado alternativo (farinha de arroz com amido pré-gelatinizado).....	93
Figura 40 - Resultados do teste de preferência dos iogurtes de pêssego com preparado padrão (amido nativo de arroz) e com preparado alternativo (farinha de arroz com amido pré-gelatinizado).....	93
Figura 41 - Análise da viscosidade de uma bomba de amido modificado de milho em função do número de ciclos de pasteurização que lhe são aplicados.	99
Figura 42 - Aspeto das farinhas analisadas: A – Farinha de arroz; B – Farinha de banana-verde; C – Farinha de castanha; D – Farinha de amaranto.....	i

Figura 43 - Purés de farinhas pré-gelatinizadas e preparados de fruta de morango e pêssego com aplicação das mesmas (farinhas de banana-verde, amaranto, arroz e castanha): A, B, C e D – Farinhas pré-gelatinizadas; E, F, G e H – Preparados de morango; K, L, M e O – Preparados de pêssego; I e J – Preparados padrão de morango com amido nativo de arroz e amido modificado de milho, respetivamente; O e P - Preparados padrão de pêssego com amido nativo de arroz e amido modificado de milho, respetivamente. xii

Figura 44 - Iogurtes de morango: A – incorporação de preparado com amido nativo de arroz; B – Incorporação de preparado com farinha de arroz pré-gelatinizada. xxi

Figura 45 - Iogurte de pêssego: A – incorporação de preparado com amido nativo de arroz; B – Incorporação de preparado com farinha de arroz pré-gelatinizada. xxi

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Frulact

A Frulact é uma empresa que atua no setor das agro-indústrias de frutícolas. A sua principal atividade passa pelo desenvolvimento, transformação e produção de preparados de fruta que posteriormente são encaminhados para as indústrias de laticínios, pastelaria industrial, bebidas, gelados, entre outros. Diferencia-se pelo seu serviço personalizado, com soluções *taylor-made*, criando para cada cliente uma tipologia de produto diferente. Graças ao seu *know-how*, a Frulact tem desenvolvido e implementado projetos, desde a criação de ideias ao lançamento dos produtos.[1]



Figura 1 - Logotipo da empresa Frulact.[1]

Fundada em 1987, a Frulact está entre as cinco melhores empresas europeias de produção de preparados de fruta para a indústria alimentar, e é a única, em Portugal, a fazê-lo. O crescimento tem sido feito através de uma estratégia de internacionalização, que hoje se traduz na sua presença, com unidades industriais, em cinco países: Portugal, França, Marrocos, Argélia e África do Sul.[2]

Em Portugal, a empresa conta com 3 unidades: a Frulact Maia - unidade de 2ª transformação, onde se produzem preparados de fruta para as principais multinacionais da indústria alimentar; a Frulact Ferro - unidade de 1ª transformação, estrategicamente localizada na proximidade das zonas de cultivo de fruta, e que se dedica ao manuseamento e tratamento das matérias-primas, tendo em consideração a preservação e integridade da fruta, e a Frulact Tortosendo - unidade dedicada exclusivamente ao processo de 2ª transformação, criada para responder às crescentes solicitações do mercado.[2]

Em 2012, a Frulact faturou mais de 80 milhões de euros. Anualmente, produz 60 mil toneladas de preparados de fruta sendo que, cerca de metade desta produção é feita em Portugal.[2] Atualmente, 15% do abastecimento de fruta é suprido por fornecedores

nacionais, nomeadamente de maçã, pêra e kiwi. Os clientes Frulact são multinacionais como a Nestlé, Danone, Lactalis, e empresas de menor dimensão como a Lactogal, em Portugal.

Além da exportação, a Frulact está também focada na inovação, procurando superar as expectativas e antecipar as tendências do mercado. No âmbito da política de inovação contínua, 2012 marcou o arranque de uma nova dimensão: a concretização do FRUTECH – Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI), instalado na Maia. O centro inclui instalações piloto, laboratórios de microbiologia alimentar e de caracterização físico-química e sensorial de fruta e seus derivados. [1][2] Com este passo, a Frulact pretende aumentar de 15% (2008) para 25% (2014) o volume de faturação dos produtos inovadores, reduzindo o tempo de chegada ao mercado, melhorando processos e diminuindo o impacto ambiental no processamento das frutas.

O sistema de Gestão de IDI da Frulact encontra-se certificado pela norma NP 4457:2007, desde Julho de 2012, a qual pretende definir os requisitos de um sistema eficaz de Gestão da IDI, permitindo que as organizações que a adotem definam uma política e alcancem os seus objetivos de inovação.

2,6% da faturação anual da empresa é dedicada a projetos investigação e desenvolvimento. É nesta vertente que o departamento de inovação da empresa mantém parcerias com universidades promovendo o desenvolvimento de estudos de áreas distintas e gerando oportunidades.[1]

1.2. Objetivo e Estratégia de Inovação

O presente projeto teve como objetivo o estudo da funcionalização tecnológica de amidos, nas próprias frutas ou vegetais onde o mesmo é sintetizado e armazenado – matérias-primas naturais. Pretendia-se assim, que depois de funcionalizadas, as frutas ou vegetais fossem incorporadas em preparados de fruta, conferindo-lhes características de textura e estabilidade apropriadas, evitando a introdução de aditivos, tais como: gelificantes, estabilizantes ou emulsionantes.

Com o projeto desenvolvido, pretende-se contribuir para a criação de preparados de fruta inovadores, livres de aditivos, numa perspetiva de naturalidade e *clean label* (“rótulo limpo”) do produto. O desafio surgiu devido à notória preocupação que os

consumidores atualmente apresentam pela aquisição de produtos alimentares mais saudáveis e naturais. Para dar resposta a esta procura, encontram-se em desenvolvimento na Frulact os projetos *Naturalidade* e *Fruitonly*.

O projeto *Naturalidade* é bastante abrangente no sentido em que visa o desenvolvimento de preparados com maiores % de fruta e de outras matérias-primas naturais, com características funcionais. A introdução de banana *plantain* é um exemplo aplicativo deste projeto, tornando os preparados de fruta mais naturais e conferindo-lhes características de textura interessantes, devido à elevada % de amido presente neste fruto.

O projeto *Fruitonly* visa a realização de um preparado com aroma de morango – sabor dominante a nível mundial - com apenas 5 ingredientes, todos eles fruta. O desafio e a novidade deste projeto prendem-se com a utilização exclusiva de fruta e com a redução dos aditivos para 0%. A estratégia de inovação passa pela funcionalização da fruta para que esta, por si só, consiga substituir o papel dos aditivos alimentares - antioxidantes, reguladores de acidez, amidos, pectinas, entre outros. Os requisitos funcionais do produto prendem-se com a sua estabilidade – deve permanecer estável durante 60 dias no contentor e durante 21 dias após aplicação em iogurte - com a reprodutibilidade e consistência dos resultados obtidos na funcionalização da fruta e, finalmente, com a aceitabilidade sensorial – o iogurte (produto final) deve ter sabor, aparência e textura adequados.

Estes são projetos ambiciosos e de grande importância para a Frulact, tanto pelo seu carácter inovador como pela oportunidade de criar valor acrescentado. Em termos empresariais, a estratégia de planeamento do projeto passa por uma fase inicial de avaliação comercial da oportunidade, em paralelo com a investigação de métodos de funcionalização tecnológica das matérias-primas. Depois da otimização das técnicas selecionadas, planeia-se a proteção da propriedade industrial - se aplicável - e a realização de testes industriais. Finalmente, pretende-se a aplicação industrial das matérias-primas funcionalizadas no desenvolvimento de preparados de fruta e posterior apresentação a clientes para a sua comercialização.

No decorrer do estágio não chegaram a ser realizados testes industriais. No entanto, produziram-se, à escala piloto, preparados de fruta cujas propriedades de textura e

estabilidade foram unicamente conferidas pela funcionalização tecnológica de amidos em matérias-primas naturais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Preparados de fruta

O iogurte de fruta é um dos produtos mais populares na indústria de laticínios. Há várias razões que motivam esta tendência, sendo a preferência do consumidor por uma dieta fresca e saudável, uma das principais. A preparação de iogurtes de fruta resulta da associação de dois produtos diferentes: um preparado de fruta e o produto láteo onde ele é inserido.[3]

Os preparados de fruta são produtos intermédios utilizados em produtos láteos fermentados - iogurte, queijo fresco – em gelados, produtos de panificação e de confeitaria. Dependendo da aplicação pretendida e dos requisitos do cliente, os preparados de fruta podem conter entre 40 a 70% de fruta. No caso do iogurte, a % mínima é, geralmente, de 6%.[4] No entanto, o atual contexto da crise económico-financeira tem obrigado a alterações do teor de fruta em iogurte para quantidades inferiores, conduzindo as grandes multinacionais ao desenvolvimento de novas gamas de produtos, com baixos teores em fruta. Um exemplo disso é a Danone - que sempre privilegiou o conteúdo em fruta – e que está também a alterar a quantidade de fruta presente nos seus iogurtes, introduzindo recentemente no mercado, a gama *DanUp* com 0% e 1% de fruta.



Figura 2 - Preparado de morango com pedaços.[5]

Os preparados de fruta são produtos fabricados segundo o princípio *custom-made* isto é, feito à medida dos requisitos do cliente. Para o efeito, é necessário um elevado grau de investigação e desenvolvimento, baseados numa relação de cooperação com os clientes.

Do ponto de vista regulamentar, as especificações e a composição dos preparados de fruta têm que ser discriminadas no rótulo do produto final – neste caso, iogurte.[6]

2.1.1. Processo de fabrico

O processo de fabrico de preparados de fruta divide-se em 4 etapas principais: ingredientação, processamento (que inclui arrefecimento do preparado, se aplicável, até à temperatura de embalamento), embalamento e controlo de qualidade. A ingredientação ocorre no *pré-mix* e consiste na mistura da fruta com os restantes ingredientes - açúcar, aromas, corantes, agentes espessantes, reguladores de acidez, entre outros. A fruta pode ser utilizada inteira, em pedaços, sob a forma de polpas ou concentrados de sumo.[4]

Durante o processamento do preparado, procede-se à pasteurização do mesmo, cujo objetivo principal é a destruição de microrganismos patogénicos presentes. Esta etapa consiste no aquecimento do preparado mediante um binómio de tempo e temperatura adequados – geralmente 95°C, durante 5 minutos. O aquecimento permite ainda que o preparado adquira a textura desejada através, por exemplo, da “cozedura” do amido, normalmente designada por gelatinização. Quando aplicado, o arrefecimento do preparado deve ser rápido para a manutenção da cor viva da fruta e para evitar o desenvolvimento de aromas indesejáveis.[3][4]

Segue-se a etapa de embalamento do produto, geralmente em condições assépticas para evitar nova contaminação, em contentores ou baldes. Posteriormente, o preparado é submetido a um rigoroso controlo de qualidade. Esta etapa inclui a determinação das propriedades físico-químicas - pH, teor em sólidos solúveis (TSS) e resistência ao escoamento –, a realização de análises microbiológicas e de provas organoléticas. Finalmente, se o produto estiver conforme, é expedido para cliente – produtores de iogurte, gelados, bebidas, entre outros.

Relativamente à indústria iogurteira, os preparados podem ser bombeados para contentores com iogurte, seguindo-se mistura e homogeneização dos mesmos – iogurte batido – ou podem ser introduzidos nas embalagens finais de iogurte, de forma sequenciada – iogurte em camadas - Figura 3.[5]

2.1.2. Critérios de qualidade físico-químicos

O TSS, o pH e a resistência ao escoamento são parâmetros físico-químicos frequentemente determinados na indústria dos preparados de fruta, para avaliação da qualidade dos mesmos.[7] A definição e avaliação destes parâmetros devem ter em consideração o tipo de produto final onde o preparado será aplicado.

A quantidade de açúcar presente numa solução é medida na escala Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) – 1°Bx corresponde a 1g de sacarose em 100g de solução. Em soluções que contenham outros sólidos dissolvidos para além da sacarose – sal, proteínas, ácidos - o valor medido diz respeito ao teor em sólidos solúveis presentes nas mesmas. Este é o caso dos preparados de fruta onde, para além da fruta e açúcar são também adicionados reguladores de acidez que podem interferir com o TSS. Os preparados de fruta devem apresentar valores de TSS entre 20°Bx e 60°Bx . [4][8] No entanto, é o cliente que determina as especificações desejadas para os preparados.

Na produção de iogurtes de fruta, o pH do preparado de fruta deve aproximar-se ao do produto láteo onde será inserido, para evitar reações indesejadas ou alteração das características típicas do iogurte. Idealmente, o iogurte – produto acabado - deve apresentar valores de pH entre 4,0 e 4,4 para que possa apresentar períodos de conservação superiores.[3]

A resistência ao escoamento é um dos parâmetros determinados para avaliação da textura dos preparados de fruta. Instrumentalmente, a resistência ao escoamento é determinada usando consistômetros, que se destinam a avaliar as características de consistência de alimentos semi-sólidos. Preparados de fruta com elevada consistência apresentam alta resistência ao escoamento.[3] Uma vez mais, a resistência ao escoamento dos preparados depende das especificações solicitadas pelo cliente.

Existem, contudo, critérios de qualidade que devem ser reconhecidos em qualquer preparado de fruta: caso sejam incorporados pedaços de fruta na sua formulação, estes devem encontrar-se bem preservados depois de o preparado ser pasteurizado (em vez de desfeitos ou com dimensões muito reduzidas); o aquecimento e as tensões de corte (causados por bombeamento e agitação) aplicados durante o processamento devem ter um efeito inócuo para os pedaços de fruta, mantendo a integridade dos mesmos, tanto quanto possível.[5] Depois do embalamento e arrefecimento, os pedaços de fruta devem

encontrar-se suspensos e distribuídos de forma homogênea no preparado. Este efeito é obtido através da incorporação de agentes estabilizantes e gelificantes que, em conjunto com o processamento térmico, conferem a viscosidade necessária ao preparado para que os pedaços de fruta não flutuem.[4]

A resistência ao *stress* mecânico deve ser tal que permita a estabilidade no transporte e o bombeamento eficaz do preparado de fruta para o exterior dos contentores. Durante o armazenamento, a tendência para a formação de sinerese - libertação de líquido a partir de um gel - deve ser eliminada. Uma vez mais, a incorporação de agentes estabilizantes e espessantes nos preparados de fruta conferem-lhes uma textura adequada durante o transporte e armazenamento. Aquando da aplicação em iogurte, a sinerese é indesejada sobretudo em produtos de camadas, onde a libertação de líquido tende a descorar o produto láteo, branco - Figura 3.



Figura 3 - Iogurtes em camadas: A - ocorrência de sinerese provoca a coloração do iogurte; B – Iogurte em camadas sem sinais de sinerese.[5]

O controlo de qualidade de um preparado de fruta passa também pela avaliação das suas características físico-químicas durante a fase de armazenamento. Para o efeito, realizam-se ensaios de envelhecimento acelerado. Nestes, procura-se reproduzir, num período de tempo relativamente mais curto, os efeitos de envelhecimento produzidos pela ação do ar e da temperatura, em períodos relativamente longos. Para o efeito, são combinados, adequadamente, períodos e temperaturas de exposição. Estes ensaios são conduzidos em estufas, a temperaturas entre 20°C e 25°C. Esta avaliação é importante uma vez que permite antecipar o comportamento dos preparados ao longo do tempo.[3]

2.1.3. Fatores de aceitabilidade sensorial

A aparência, o aroma e a textura são fatores de aceitabilidade sensorial avaliados em produtos alimentares. A sua designação deve-se ao fato de os conseguirmos perceber diretamente a partir dos nossos sentidos. O caráter nutritivo é o quarto fator de qualidade mais importante num alimento não sendo, contudo, detetado pelos sentidos humanos. Os fatores de aceitabilidade sensorial dos alimentos são muito importantes porque permitem que o consumidor experiencie prazer ao ingeri-los.[9][10]

A aparência de um alimento é avaliada pelo sentido ótico que analisa a sua cor, forma, tamanho, entre outras características. O aroma compreende o sabor do alimento – percebido pela língua – e o seu odor – percebido pelo sistema olfativo, no nariz. A sensação dada pelo aroma de um alimento é desencadeada pela resposta dos recetores das cavidades oral e nasal, a um estímulo químico. Finalmente, a percepção da textura consiste na resposta dada pelos sentidos táteis aos estímulos físicos e resulta do contacto entre alguma parte do nosso corpo e o alimento. A avaliação da textura engloba a análise da cinética, taxa de fluxo e o som (associado a texturas crocantes, quebradiças, etc.). No entanto, a sensação percebida pelo toque é o primeiro método usado para avaliar a textura de um produto alimentar.[10]

A importância da textura na aceitabilidade sensorial varia de acordo com o tipo de produto alimentar: é considerado um fator crítico quando a textura do alimento avaliado é a qualidade dominante nas suas propriedades (ex. carne, batatas fritas, cereais) ou tem menor relevância em produtos onde a textura desempenha um papel pouco significativo na qualidade global do alimento (ex. bebidas e sopas finas). A fruta é um produto alimentar onde os três fatores – aparência, aroma e textura - contribuem de igual forma para a aceitabilidade sensorial.[11]

A introdução de agentes estabilizantes tem um efeito significativo na textura dos preparados de fruta e do produto final. Os amidos e pectinas são exemplos de hidrocolóides alimentares que são incorporados nos preparados de fruta para conferir esses efeitos. A aplicação de agentes estabilizadores na indústria do processamento de fruta pretende proporcionar texturas atraentes de consumo, e a distribuição uniforme da fruta durante o fabrico e transporte. Estas substâncias não devem, contudo, afetar negativamente a libertação de aroma e a cor do produto.[12]

2.1.4. Aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos

A utilização de aditivos alimentares ganhou maior impacto a partir da segunda metade do século XX, com a introdução de alimentos processados no mercado. Os aditivos alimentares são substâncias – com ou sem valor nutritivo - intencionalmente adicionadas aos produtos alimentares para atingir um determinado objetivo tecnológico nas fases de fabrico, transformação, embalagem, transporte ou armazenamento.[13]

Em termos legislativos, a introdução de aditivos na indústria alimentar deve respeitar uma série de requisitos. Devem, por exemplo, ser abrangidos pelo regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho. Na União Europeia, os aditivos alimentares são identificados por um código único composto por um número que é antecedido pela letra "E". A codificação é usada como meio de regulamentação da sua utilização e de informação aos consumidores. Quando utilizados, os aditivos devem ser discriminados na lista de ingredientes do produto, indicada na embalagem do mesmo.[13][6]

Relativamente à sua origem, os aditivos podem ser classificados em naturais ou artificiais. No primeiro caso, são os obtidos de uma fonte natural - como a lecitina de soja ou o corante extraído da beterraba. Os aditivos artificiais são produzidos sintenticamente pelo homem e são os mais aplicados na indústria por terem menor custo de produção, maior pureza e qualidade *standerizada*. [14]

De modo geral, os aditivos alimentares podem ser utilizados para os seguintes fins: manter a consistência do produto, manter ou melhorar o seu valor nutricional, controlar a acidez ou melhorar as características de cor e sabor. De acordo com o fim a que se destinam, os aditivos alimentares são classificados como corantes, conservantes, antioxidantes, emulsionantes, espessantes e gelificantes, estabilizadores, edulcorantes, entre outros. Os amidos, gomas e pectinas são hidrocolóides, utilizados na indústria alimentar como emulsionantes, espessantes e gelificantes.[13]

Os corantes paprika (E160) e curcuma (E100) são exemplos de aditivos naturais, extraídos das espécies vegetais pimentão (*Capsicum annuum*) e Curcuma (do género *Curcuma*), respetivamente. O sorbato de potássio (E202) é um sal utilizado como conservante, que inibe o crescimento de bolores e leveduras no produto alimentar. O fosfato tricálcico – E341 (III) é um anti-humectante cuja aplicação nos produtos

alimentares pretende a redução de absorção de água pelos mesmos. O polifosfato de sódio – E452 (I) é um complexante que previne a precipitação rápida de proteínas. O amido modificado de milho (E1442) é um exemplo de agente estabilizante, espessante e gelificante, tal como a goma guar (E412) ou a goma xantana (E415). O ácido cítrico (E330) é um regulador de acidez e antioxidante, capaz de retardar o aparecimento de alterações oxidativas no alimento.[10][12]

Os auxiliares tecnológicos são qualquer substância intencionalmente utilizada na transformação das matérias-primas, géneros alimentícios ou dos seus ingredientes, para atingir determinado objetivo tecnológico, durante o tratamento ou a transformação dos mesmos. A introdução de auxiliares tecnológicos pode resultar na presença não intencional, mas tecnicamente inevitável, de resíduos da substância ou dos seus derivados no produto final, desde que não apresentem qualquer risco sanitário nem produzam efeitos tecnológicos sobre o mesmo. Este tipo de substância distingue-se dos aditivos alimentares por não apresentar uma função tecnológica no produto acabado, não precisando assim de ser rotulado. As enzimas são um exemplo de auxiliar tecnológico, sendo designadas por enzimas alimentares. Um exemplo da sua aplicação é a funcionalização tecnológica de amidos, mediante hidrólise enzimática, que será abordado com mais atenção ao longo desta revisão bibliográfica.[6][13]

2.1.5. Tendências de Consumo e Análise de Mercado

A Frulact pretende ir ao encontro das tendências de consumo, cada vez mais focadas no carácter natural e *Clean Label* dos produtos alimentares – poucos ingredientes e ausência de aditivos. *Clean Label* é um movimento que tem crescido principalmente nos Estados Unidos e na Europa, e que está associado à procura dos consumidores por produtos alimentares simples, naturais, preparados com ingredientes conhecidos e dignos de confiança. Hoje em dia, o consumidor não se preocupa apenas com a questão da segurança alimentar. Preocupa-se também com a naturalidade dos alimentos que ingere e na influência que têm na sua saúde.[15]

O conceito naturalidade inclui várias áreas de discussão no mercado alimentar, entre os quais, a simplicidade e pureza do produto, a utilização de corantes e adoçantes naturais e o conceito *clean label*, já mencionado. Um estudo realizado pela *Kampffmeyer* – empresa produtora de produtos moidos de elevada qualidade (ex: farinhas e amidos) –

revela as reações dos consumidores europeus, face às alegações de naturalidade, presentes nos rótulos de produtos alimentares – Figura 4.[15]

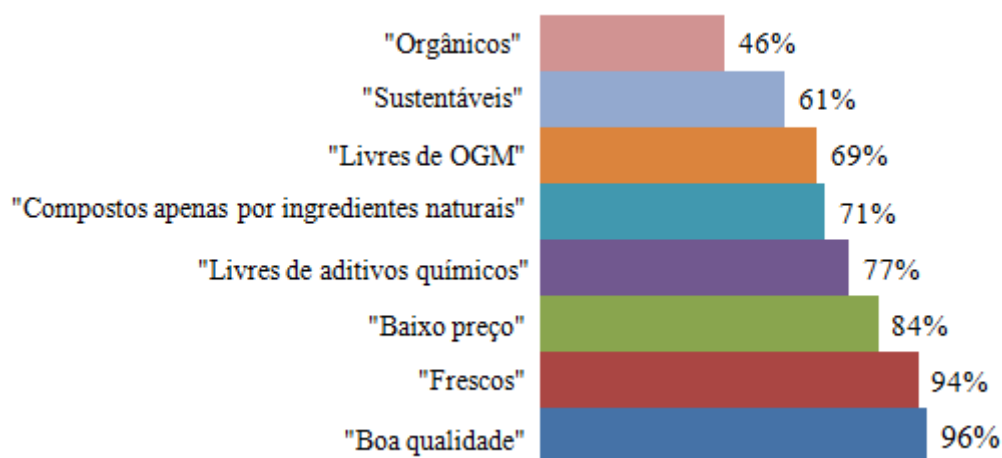


Figura 4 - Inquérito realizado a 4000 europeus, em 2012. Resposta à pergunta: “Quão importantes são para si as seguintes propriedades, num produto alimentar?”.[15]

O estudo confirma que a qualidade e a frescura dos produtos alimentares são os argumentos mais decisivos na compra dos mesmos. O inquérito realizado revela claramente que a maioria dos consumidores estão convencidos de que os produtos naturais são mais saudáveis e apresentam maior qualidade. A análise individual dos países europeus que responderam ao inquérito revela que a Polónia, a Itália e Espanha são os países a dar maior importância aos produtos alimentares com ingredientes naturais e livres de aditivos.[15]

Um estudo desenvolvido pela *Mintel* - empresa britânica, fornecedora de pesquisas de mercado de alimentos e bebidas - avaliou a tendência dos consumidores para a compra de produtos alimentares – dirigidos a crianças - alegando “elementos E” no rótulo. O estudo indica que os mesmos estão a ser evitados. O comportamento verifica-se sobretudo no Reino Unido indicando, potencialmente, menor conhecimento sobre os mesmos, nos restantes países.

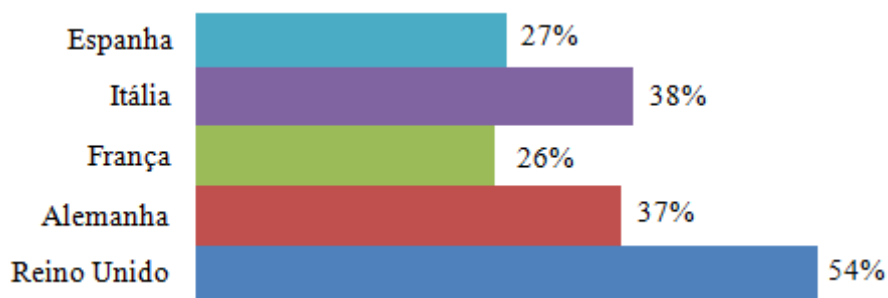


Figura 5 - Estudo relativo à % de consumidores europeus que evitam comprar produtos para os seus filhos, com “elementos E” no rótulo. Inquérito realizado a 3022 pessoas de 5 diferentes países europeus, entre 2009 e 2010.[15]

O conceito de naturalidade ainda é considerado complexo para o consumidor uma vez que a alegação de “produto natural” pode estar associada a um leque extenso de características. Desta forma, é preciso ter especial atenção à forma como estas alegações são comunicadas ao consumidor, fazendo com que a rotulagem seja simples, clara e direta.

A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de iogurtes que vão de encontro às tendências anteriormente descritas.

Tabela 1- Iogurtes análogos ao que se pretende desenvolver através da incorporação de um preparado *Fruitonly* no produto láteo. Pesquisa do *innova database*.

Produto	Descrição
	<p>Iogurte com frutas do bosque, <i>Lactis</i> - produzido a partir de leite integral; sem corantes ou conservantes artificiais.</p>
	<p>Iogurte grego de banana e manga, <i>Mundella</i> – iogurte probiótico (com culturas de <i>Lactobacillus acidophilus</i>, <i>Bifido bactéria</i> e <i>Lactobacillus casei</i>); sem gomas, gelatina e espessantes; não contém glúten nem conservantes artificiais.</p>
	<p>Iogurte de maçã, marmelo e canela, <i>Nöm Mix</i> – produzido a partir de leite pasteurizado, livre de OGM (Organismos Geneticamente Modificados), com 3,2% de gordura. É 100% natural e livre de aditivos artificiais.</p>
	<p>Iogurte de morango <i>Danvia</i>, <i>Danone</i> - iogurte com 3,8% de gordura e 11% de morango; livre de aromas e corantes artificiais; adoçado com <i>estévia</i>; sem adição de açúcar extra.</p>
	<p>Simplesmente 6, <i>Yoplait</i> – Iogurtes de diferentes sabores (morango, amora e baunilha), produzidos com apenas 6 ingredientes – leite, fruta, açúcar, amido de milho, aromatizante natural e concentrado de sumo de limão.</p>

Os preparados de fruta são produtos industriais, isto é, não são comercializados ao retalho. No entanto, o produto final – neste caso, iogurte - deve alegar no rótulo, o conjunto total dos ingredientes nele introduzidos. De todos os produtos apresentados na Tabela 1, o *Simply 6* da marca *Yoplait* é o que mais se assemelha a um possível iogurte com preparado *Fruitonly*, no qual se pretende a utilização exclusiva de 5 ingredientes.

No entanto, com a aplicação do respetivo conceito será possível remover, por exemplo, o agente espessante indicado – amido de milho – tornando o produto final ainda mais natural.

O interesse demonstrado por clientes da Frulact, relativamente aos projetos *Fruitonly* e *Naturalidade* - atentos às preocupações atuais dos consumidores - é indicador de que existe espaço no mercado para a produção de preparados de fruta inovadores, capazes de responder às expectativas dos clientes.

2.2. Hidrocolóides alimentares

2.2.1. Visão geral

O universo dos colóides alimentares está relacionado com as propriedades físico-químicas dos alimentos. Neste universo, os alimentos são analisados como sistemas de partículas e macromoléculas, com vários estados de organização microscópica e supramolecular. Um colóide é definido como uma substância que se encontra microscópica e uniformemente dispersa numa outra, formando um sistema coloidal. Este sistema é por isso constituído por duas fases: fase dispersa e fase contínua. O estudo de colóides alimentares pretende relacionar o equilíbrio e a dinâmica dos constituintes alimentares – proteínas, lípidos, polissacarídeos, etc. – e a distribuição destes entre as fases dispersa e contínua – água, gordura, ar etc. A manteiga, o queijo e o iogurte são alguns exemplos de colóides alimentares que fazem parte da nossa dieta.[16]

Os hidrocolóides são sistemas coloidais constituídos por polímeros hidrófilos, dispersos em água. Dependendo da quantidade de água disponível, os hidrocolóides podem ocorrer em diferentes estados físicos: gel ou solução coloidal. São biopolímeros de elevado peso molecular, que podem ser extraídos de fontes naturais - plantas, algas e microorganismos – ou produzidos através de processos de modificação química ou enzimática. Na sua estrutura, os hidrocolóides possuem uma sequência hidrofílica com propriedades coloidais isto é, com capacidade para se ligar fortemente a grandes quantidades de água - até uma centena de vezes a sua massa. Esta capacidade de reduzir a atividade da água, aliada ao facto de apresentarem sabor e aroma neutros, fazem com que os hidrocolóides sejam fortemente aplicados na indústria alimentar, melhorando a microestrutura, textura, sabor e prolongar a vida de prateleira dos produtos alimentares.

A carragenina, gelatina, pectina e amido são alguns exemplos de hidrocolóides amplamente usados como ingredientes em produtos alimentares (sobremesas, molhos, etc.) com o objetivo de influenciar a sua textura ou viscosidade.[17]

O amido é um ingrediente usado como agente espessante na indústria alimentar. Este hidrocolóide dissolve-se na fase líquida de um sistema coloidal, formando uma estrutura coesa que confere corpo e textura ao produto alimentar onde é aplicado.

2.2.2. Amido

2.2.2.1. Função, localização e estrutura

O amido é um dos carboidratos mais abundantes na natureza produzido por plantas, servindo-lhes de reserva nutritiva. É constituído por unidades de D-Glucose que funcionam como blocos de construção, e encontra-se organizado sob a forma de grânulos, cujo formato e tamanho dependem do tipo de fonte botânica.[18]

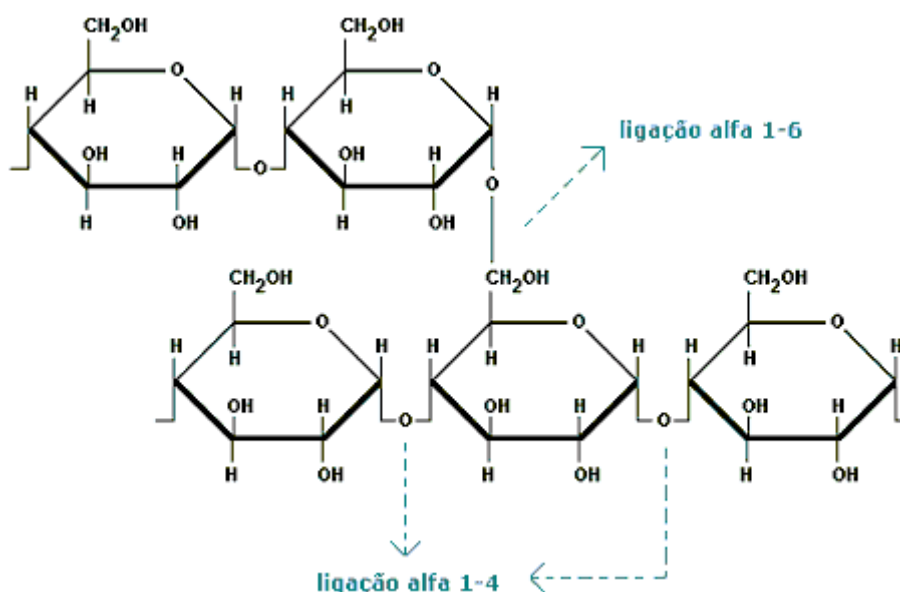


Figura 6 - Organização molecular das cadeias de D-glucose no amido.[14]

Os grânulos de amido são constituídos por duas macromoléculas - amilose e amilopectina - que diferem entre si na dimensão e grau de ramificação. A amilose é uma molécula praticamente linear, com baixo grau de ramificação, formada por unidades de glucose associadas por ligações α -1,4. A amilopectina é uma molécula altamente ramificada, composta por unidades de glucose que se associam através de ligações α -1,4, contendo também ligações α -1,6 nos pontos de ramificação.[18]

A proporção de amilose/amilopectina existente nos grânulos varia com a fonte vegetal dos mesmos. Esta proporção apresenta elevada importância na funcionalização do amido, tal como será discutido nos pontos seguintes. Certos cereais, como o milho e o arroz, apresentam elevados teores em amilopectina – cerca de 95% - e são designados por amidos cerosos.[19]

Os grânulos de amido estão organizados em regiões cristalinas e amorfas, sendo a transição entre elas gradual. A região cristalina é constituída por cadeias laterais de amilopectina e as regiões amorfas por pontos de ramificação e amilose – figura 7.[20] A região cristalina do amido mantém a estrutura do grânulo e controla o seu comportamento na água, tornando-o relativamente resistente aos ataques enzimáticos e químicos.

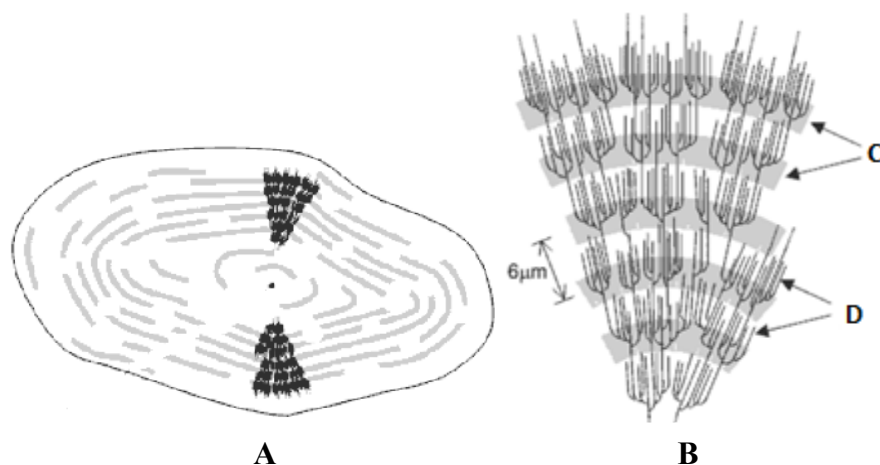


Figura 7 - Estrutura dos grânulos de amido: A - modelo da estrutura interna de um grânulo de amido com anéis de crescimento; B: Estrutura da amilopectina com representação das regiões amorfas (C) e cristalinas (D).[20]

Para além do seu valor nutritivo, o amido possui a capacidade de conferir características físicas muito interessantes em diversos alimentos, atuando como espessante, estabilizante e gelificante. A estrutura dos grânulos é um fator importante e influente no comportamento do amido aquando da sua aplicação em processos industriais.[19][14]

2.2.2.2. Fontes de amido

O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies de plantas, como um carboidrato de reserva. As fontes de amido mais utilizadas mundialmente são os cereais - como o milho e trigo – e as raízes e tubérculos - como mandioca, batata e

batata-doce. A tabela 2 resume o teor em amido presente no peso seco (PS) de diversas espécies vegetais.[20]

Tabela 2 - Teor de amido presente no peso seco de diferentes grupos de espécies vegetais.

Fontes de amido	% Amido no Peso Seco (PS)
Grãos de cereais	40-90%
Leguminosas	30-50%
Tubérculos	65-85%
Frutas verdes (imaturas)	40-70%

De acordo com a sua fonte botânica, os amidos apresentam diferenças na composição química – ex. teor em amilose e amilopectina. Consequentemente, amidos provenientes de diferentes fontes, apresentam diferentes propriedades funcionais.[21]

O presente projeto iniciou-se com o estudo de um grupo de matérias-primas, ricas em amido, presentes em alguns destes grupos de espécies vegetais: matérias-primas frescas - banana-verde, banana *plantain*, puré de batata-doce – e matérias-primas secas - farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha – tabela 3.

Tanto a banana como a batata-doce são importantes fontes de amido uma vez que, quando colhidas numa fase prematura da sua maturação, o amido encontra-se em elevada concentração. À medida que amadurecem, o teor em amido diminui, convertendo-se em açúcar.[22] Foram por isso selecionadas banana-verde e batata-doce que, em média, contêm 29,1 e 33,8% de amido no peso seco, respetivamente. No grupo das matérias-primas frescas integrou-se também a banana *plantain*, caracterizada pelo elevado teor em amido (33,9% no peso seco) e o sabor característico a batata, no estado imaturo. A banana *plantain* apresenta um sabor levemente adocicado quando começa a amadurecer (casca amarela) e um sabor significativamente doce quando completamente madura (casca preta).[23]

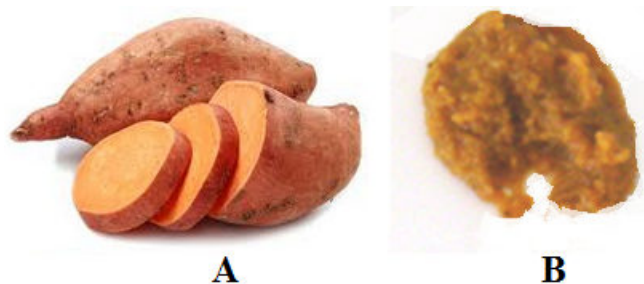


Figura 8 - Batata-doce (*Ipomoea batatas*): A – inteira ou cortada em pedaços; B – puré de batata-doce (amostra fornecida à Frulact pelo fornecedor *Kanegrade*)

A batata-doce é a sétima cultura alimentar mais importante no mundo e a quarta em países tropicais. [24] Como principais vantagens, apresenta elevada capacidade de adaptação a condições extremas, curto ciclo de produção, alto valor nutricional e uma vasta variedade em termos de cor, sabor e textura. O uso de batata-doce na indústria de processamento de alimentos envolve frequentemente a sua transformação em puré. Este pode posteriormente ser comercializado congelado, enlatado ou embalado em condições assépticas para produção de produtos de prateleira estáveis, disponíveis durante todo o ano.[25]



Figura 9 - Bananas do género *Musa*: A – Banana-verde; B – Banana *plantain*.

A funcionalização do amido em matérias-primas frescas poderá ser uma mais-valia para o projeto devido à complexidade das suas matrizes. Ou seja, para além do amido presente, a existência de outros constituintes (ex. fibras) e a forma como estes interagem, poderá contribuir fortemente para o aumento da viscosidade dos purés destas matérias-primas.

As farinhas são materiais em pó, ricos em amido, obtidos através da desidratação de matérias-primas - grãos, sementes, raízes, tubérculos, e frutos. À exceção da água, as farinhas contêm praticamente os mesmos constituintes das matérias-primas frescas correspondentes.[26] Os materiais desidratados são vantajosos porque apresentam teores de amido superiores no peso seco. No projeto realizado, selecionaram-se farinhas *standard* de banana-verde, arroz, amaranto e castanha – Anexo A. Isto é, farinhas de uso corrente na indústria, economicamente acessíveis, e sem especificações detalhadas.

O amaranto é uma planta cujas folhas podem ser usadas na alimentação como um vegetal, e cujas sementes são utilizadas como um cereal.[27] Devido ao elevado aproveitamento da planta e à sua resistência a climas secos e quentes, o amaranto apresenta um elevado potencial económico. A farinha que resulta da moagem das sementes de amaranto contém cerca de 50% de amido (no peso seco), os grânulos são de pequena dimensão (entre 1 a 2 μm) e apresentam baixo teor em amilose - Tabela 7.[19]

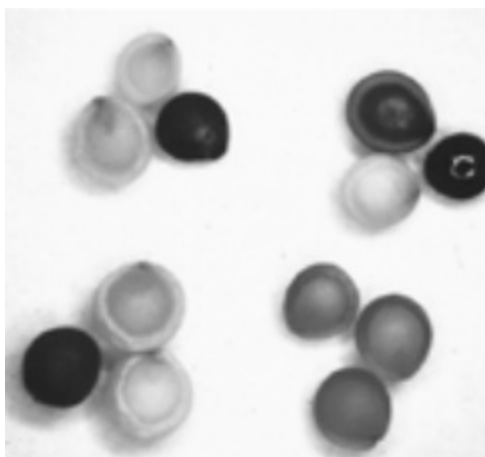


Figura 10 – Sementes de amaranto (*Amaranthus spp.*).[28]

O amido de amaranto é utilizado como um ingrediente em alguns alimentos: pudins, sopas, molhos para salada. Este tipo de amido tem sido estudado como uma alternativa às fontes de amido habitualmente utilizadas.[29] O amido extraído das sementes de amaranto também tem despertado interesse na sua aplicação como substituinte de gordura. Tal é possível graças à semelhança de diâmetros entre os respetivos grânulos e as micelas lipídicas (2,0 μm).[30]

As castanhas são sementes que se desenvolvem anualmente dentro dos ouriços dos castanheiros. Estas sementes desidratam rapidamente, dando origem a um fruto seco. Na estrutura química da castanha, o amido é o componente maioritário. A farinha de castanha tem sido alvo de estudo na produção de massas para a indústria da pasteleira.[31]

O arroz é uma planta da família das gramíneas e é a terceira maior cultura cerealífera do mundo. A farinha de arroz é feita a partir de arroz moído e é livre de glúten. Este tipo de farinha apresenta elevado teor em amido e uma baixa quantidade de proteína. De acordo com o teor em amilose, o amido de arroz pode ser classificado como normal (5-28,4%), ceroso (0 – 2,0%) ou amido com elevado teor em amilose (25-33%).[32] A ficha técnica da farinha de arroz *standard*, utilizada no projeto, não fornece indicações sobre o teor em amilose presente nos grânulos de amido do arroz.

A produção de farinha de banana-verde tem vindo a ganhar reconhecimento industrial uma vez que pode ser obtida a partir dos desperdícios que resultam das grandes plantações de banana – bananas que são descartadas do mercado por não terem calibre ou aspeto adequados. Esta porção de banana descartada corresponde a 25% do total colheita, e a 25% de amido.[19]

Tabela 3 - Composição em amido, água e fibra das matérias-primas estudadas.

Amidos nativos de :	% Amido (PS)	% Amido (PF)	% Água	% Fibra
Banana <i>plantain</i> ^a	33,9	11,8	65,28	2,3
Banana-verde ^a	33,8	9,8	71	2,8
Batata-doce ^b	25,2-33,07	8,1	72,19	2,9
Farinha de banana-verde ^b	-	80-85	12	2,00
Farinha de arroz ^{a,b}	72,7	61,8	15	2,4
Farinha de maranto ^b	57	50,2	12	2,50
Farinha de castanha ^a	78,4	71,4	9	13,8

^a informação recolhida a partir da base de dados *USDA National Nutrient Database for Standard Reference*

^b informação recolhida a partir das fichas técnicas dos produtos rececionados na Frulact

Com o estudo desta gama alargada de matérias-primas, pretendia-se identificar as que conferem propriedades reológicas e de textura interessantes, quando integradas num preparado de fruta. Na decisão final, pesará também o custo e a facilidade de manipulação industrial. As farinhas são normalmente mais caras do que os alimentos frescos. No entanto, existe fraca disponibilidade de alguns purés comerciais no mercado. Tendo em conta que o projeto *Fruitonly* ambiciona a utilização exclusiva de fruta, o puré de batata-doce e as farinhas de amaranto e arroz foram selecionadas para este estudo, numa perspetiva de aplicação no projeto *Naturalidade*.

As matérias-primas estudadas foram recolhidas nos mercados locais ou adquiridas por empresas fornecedoras. Por se tratar de materiais de uso corrente, cujas composições químicas não se encontram rigorosamente especificadas, procedeu-se à recolha de dados informativos na bibliografia ou nas fichas técnicas das respetivas matérias-primas – tabelas 3, 5 e 7. A análise e discussão de resultados procedeu-se tendo em consideração os respetivos dados recolhidos.

2.2.2.3. Tipos de amido: nativo e modificado

O amido nativo corresponde à cadeia de amido extraído de matérias-primas na sua forma original isto é, sem modificações. Os amidos nativos apresentam diversas limitações na sua aplicação em produtos alimentares: insolubilidade em água fria, conferem baixa viscosidade e são sensíveis ao calor, pH e pressão. A presença de amido nativo em produtos alimentares pode ainda provocar retrogradação e sinerese. Este conjunto de restrições motivou a produção de amidos especiais, capazes de proporcionar resultados consistentes com as necessidades específicas dos produtos – amidos modificados.[34]

O amido modificado é um aditivo alimentar amplamente utilizado na indústria e que resulta da aplicação de tratamentos químicos, físicos ou enzimáticos dos grânulos de amido. Com a sua aplicação, obtêm-se melhores resultados ao nível da textura e viscosidade dos produtos alimentares onde são incorporados, observando-se também maior resistência ao *stress* de corte e à decomposição. Devido à sua robustez e capacidade de suportar condições severas, a sua aplicação ultrapassa a dos amidos nativos na indústria de alimentos processados.[14][19]

Na indústria dos preparados de fruta, a seleção do amido a usar nas formulações pode também depender das exigências do cliente. O amido nativo de arroz e o amido modificado de milho (E1442) são exemplos destes dois tipos de amido, que foram utilizados no desenvolvimento deste projeto.

2.2.2.4. Gelatinização do amido

Ao entrarem em contacto com água fria, os grânulos de amido incham ligeiramente (10 - 20%) devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas. No entanto, o processo é reversível pela secagem.[20] Contudo, quando os grânulos são aquecidos em água, incham irreversivelmente através de um processo denominado gelatinização. A temperatura de gelatinização corresponde ao intervalo estreito de temperatura no qual os grânulos de amido começam a dilatar, perdendo a sua estrutura cristalina e conferindo viscosidade à solução onde se encontra. O pico de viscosidade é o ponto no qual, durante o aquecimento da solução aquosa, o amido gelatinizado adquire viscosidade máxima. Ao atingir o pico de viscosidade, considera-se que todo o amido presente em solução se encontra dilatado até ao ponto máximo, antes de se desintegrar. Ocorre assim

redução da água livre, alteração da viscosidade da mistura de amido e aumento da sua capacidade espessante. Tal como verificado na Figura 11, o aquecimento continuado de amidos nativos poderá provocar quebra da viscosidade, causada pela dissolução dos grânulos e a solubilização dos polímeros.[14][35][36].



Figura 11 - Efeito da temperatura na viscosidade de uma solução aquosa de amido nativo.[18]

Diversos fatores influenciam o comportamento do amido durante a sua gelatinização: pH, teor em sólidos solúveis, teor em lípidos e emulsificantes, proteínas e a proporção amilose/amilopectina.

A acidez influencia o comportamento da viscosidade em amidos nativos e modificados. Em condições de acidez extrema (ex. $\text{pH} < 3,0$) ocorre quebra das ligações de hidrogénio estabelecidas entre as cadeias moleculares dos grânulos de amido. Consequentemente, verifica-se a desintegração dos mesmos em produtos com menor peso molecular, que se traduz no decréscimo da viscosidade dos geis de amido.[14] Segundo Whistler (2009), variações de pH no intervalo de 4 e 7 (pH da maioria dos produtos alimentares), produzem efeitos pouco significativos na viscosidade do amido, durante o processo de aquecimento.

O efeito de outros ingredientes, presentes nos produtos alimentares, como os açúcares, gorduras, proteínas e sais, podem influenciar a funcionalidade do amido, em termos de viscosidade. No geral, todo o ingrediente que interaja com o grânulo de amido ou

compita com este pela água disponível, pode influenciar negativamente a viscosidade.[14]

Em soluções com elevado teor em sólidos solúveis, os mesmos competem com o amido pela água, dificultando a hidratação do mesmo e aumentando, conseqüentemente, a temperatura de gelatinização.[37] Na indústria dos preparados de fruta, 45°Bx é o limite máximo de teor em sólidos solúveis, para o qual o amido se torna funcional, isto é, gelatiniza e atua no preparado como espessante, estabilizante e agente de corpo. A presença de lípidos e emulsionantes retarda a absorção da água pelos grânulos de amido fazendo com que a temperatura à qual ocorre gelatinização seja superior. Na presença destes compostos, o gel formado tem menor força, apresentando maior tendência para sinerese.

Segundo Fredriksson et al (1998), os amidos cerosos apresentam maior capacidade para dilatarem durante a gelatinização, devido às ligações de hidrogénio que se estabelecem entre as cadeias de amilopectina e as moléculas de água no interior do grânulo. Por sua vez, quando a amilose se encontra presente em grandes quantidades, acaba por inibir a dilatação dos grânulos, promovendo viscosidades inferiores às soluções aquosas de amido, submetidas a aquecimento. Segundo o autor, verifica-se que amidos com teores superiores de amilopectina (ex. amaranto) dão origem a géis com boa capacidade espessante.[36]

2.2.2.5.Retrogradação

Entende-se por retrogradação o processo que ocorre quando as cadeias de amido gelatinizado se reassociam, formando uma estrutura ordenada. O processo ocorre durante o arrefecimento do amido gelatinizado. Nesta fase, a energia que mantém as moléculas de amido afastadas entre si, diminui. Conseqüentemente, foram-se agregados cristalinos e uma textura gelificada. À medida que a retrogradação ocorre, as pastas de amido tornam-se opacas e adquirem textura quebradiça.[35]

Este processo ocorre sobretudo em amidos com elevado teor em amilose - amidos de trigo, de banana-verde e de milho. Tal acontece uma vez que as moléculas lineares de amilose – que migram do interior do grânulo para o meio aquoso, durante a gelatinização - apresentam elevada tendência para reassociarem e formarem ligações de hidrogénio com as cadeias que rodeiam os grânulos gelatinizados. A forte interação das

cadeias de amido força a saída da água do sistema, isto é, ocorre sinerese. O processo de retrogradação é amplificado quando o amido gelatinizado é arrefecido. Conseqüentemente, a sinerese verifica-se com maior frequência em produtos refrigerados, como é o caso dos iogurtes.[14][19]

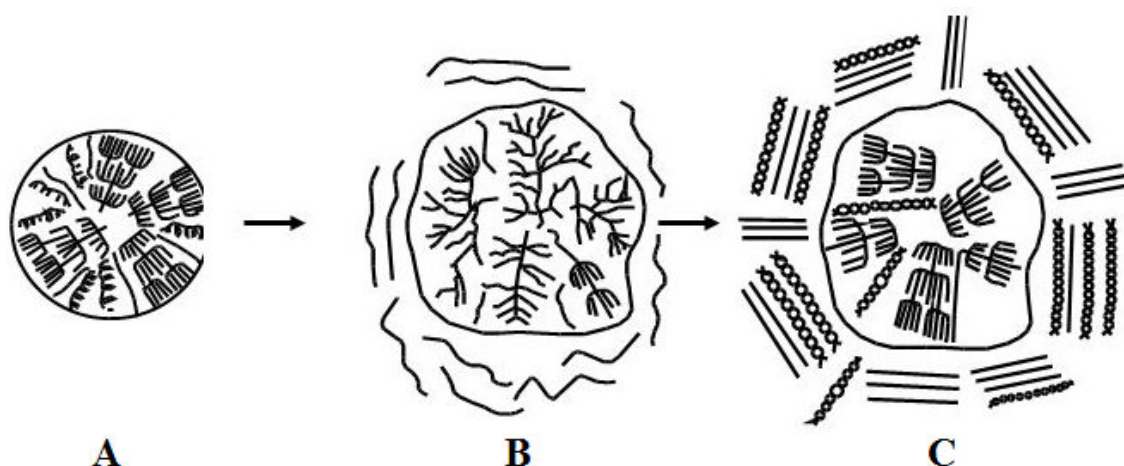


Figura 12 – Processo de retrogradação do amido: A - Grânulo de amido nativo; B - Amido gelatinizado (o grânulo incha e ocorre libertação da amilose para o meio aquoso) C - Retrogradação (reassociação das moléculas de amilose e estabelecimento de ligações de hidrogênio com o grânulo gelatinizado).[19]

Como verificado, a retrogradação é um fenômeno complexo que depende de muitos fatores, tais como: temperatura, tempo de armazenamento, fonte de amido e as condições de processamento.[14]

2.2.2.6. Análise microscópica de grânulos de amido

Macroscopicamente, o amido extraído e purificado a partir das fontes vegetais, assemelha-se a um pó branco. No entanto, têm sido desenvolvidos instrumentos e métodos que possibilitam uma melhor compreensão acerca da estrutura básica do amido e do seu comportamento na presença de água ou exposição a tratamentos térmicos. A análise dos grânulos de amido pode ser feita através de microscopia ótica – de luz polarizada ou de coloração com iodo – ou microscopia eletrônica de varredura.[14]

A microscopia ótica é frequentemente usada para identificar diferentes tipos de amido, através da observação da forma e tamanho dos respectivos grânulos – características que

variam entre amidos de fontes vegetais diferentes. Os microscópios óticos produzem imagens ampliadas até 100 x.[14]

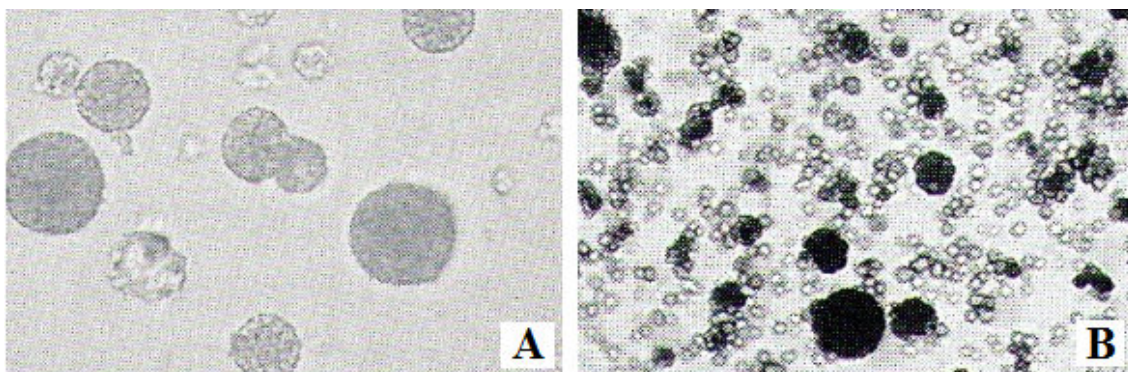


Figura 13 - Grânulos de amido de arroz: A – aglomerados com centenas de grânulos de amido de arroz que, individualmente, apresentam 1-3 μ m de diâmetro: B – Grânulos de amido corados, mediante o método de coloração com iodo. Ampliação não definida. [14]

Para além da forma e tamanho dos grânulos de amido, o método de coloração com iodo fornece também informação relativamente ao conteúdo em amilose e amilopectina presente nos mesmos. Dependendo do teor em amilose, os grânulos coram de diferentes formas, na presença da solução com iodo e iodeto de potássio. A cor resultante varia com o grau de interação do iodo com as cadeias helicoidais de amilose, presentes nos grânulos de amido: grânulos com maior teor em amilose apresentam-se sob a forma de complexos azulados (grânulos mais escuros presentes na Figura 13 (B)); amidos cerosos – que contêm praticamente 100% de amilopectina – apresentam-se castanho-avermelhados. [14]

Quando observados ao microscópio sob luz polarizada, os grânulos de amido aparecem brilhantes, exibindo uma cruz escura no centro – Figura 14. Este fenómeno é denominado por birrefringência e resulta da interação entre a luz polarizada e uma estrutura cristalina ou altamente organizada, presente nos grânulos de amido.[14]

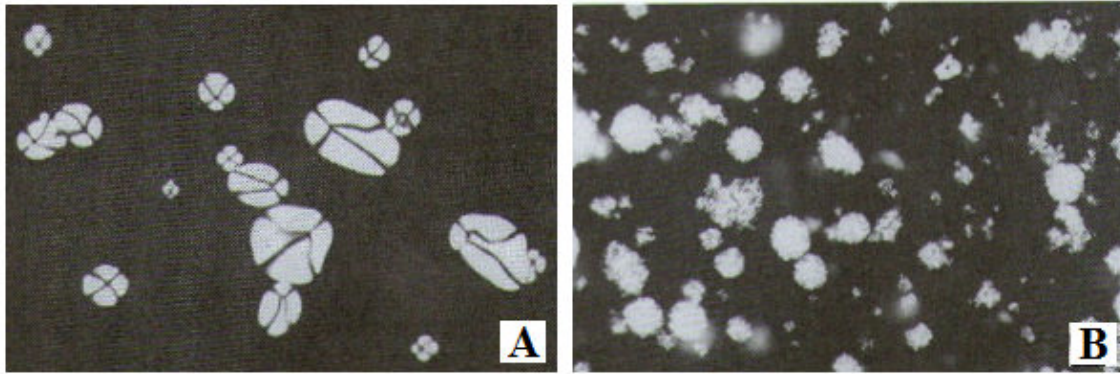


Figura 14 - Grânulos de amido observados por microscopia ótica de luz polarizada: A – Amido de batata; B – Amido de arroz. Ampliação não definida.[14]

O efeito descrito é bastante evidente no caso do amido de batata – Figura 14 (A). Os grânulos de arroz, observados em B, são grandes e brilhantes, quando vistos sob luz polarizada. No entanto uma análise cuidada aos grânulos de amido de arroz, individualizados, permite concluir que também eles apresentam birrefringência. O fenómeno é também usado como indicador de gelatinização do amido uma vez que, quando tal acontece, ocorre perda de birrefringência dos grânulos.[14]

O microscópio eletrónico de varredura (MEV) produz imagens tridimensionais de alta resolução da superfície de uma amostra. A técnica consiste no revestimento da amostra com uma camada fina de um metal refletor, e na irradiação da mesma com um feixe de eletrões. Estes são refletidos pela amostra e detetados por um sensor, permitindo que as características da superfície da amostra – grânulos de amido, neste caso – sejam vistas com grande detalhe. O microscópio eletrónico de varredura produz imagens até uma ampliação de 300.000 x.[14]

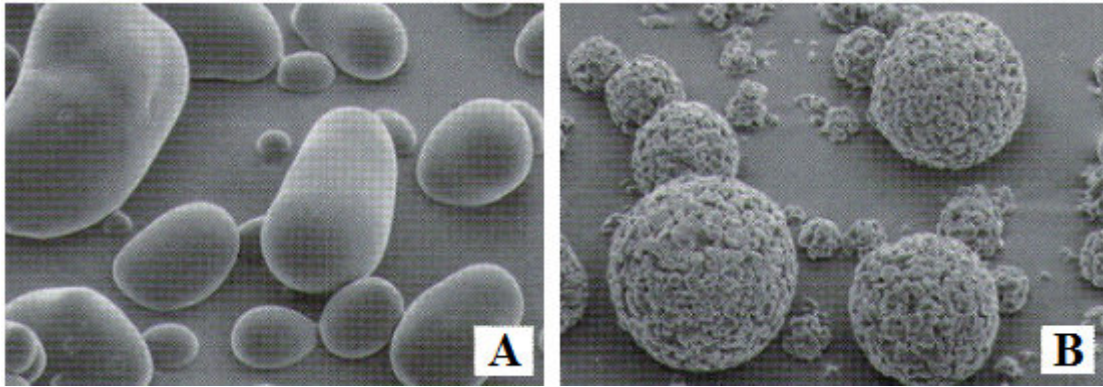


Figura 15 - Grânulos de amido observados por Microscopia Eletrônica de Varrimento, ampliado 600x: A – Amido de batata; B – Amido de arroz.[14]

Através da Figura 15 é possível verificar que enquanto os grânulos de amido de batata apresentam uma superfície arredondada muito lisa (A), os grânulos de amido de arroz apresentam-se sob a forma de esferas com superfície bastante rugosa.

Durante o projeto, os grânulos de amido das matérias-primas selecionadas foram analisados com microscópio ótico, disponível na Frulact. Realizaram-se observações com ampliação 40x, com e sem recurso ao método de coloração com iodo.

2.2.2.7. Técnicas de funcionalização

Para melhor compreender a possibilidade de funcionalização de amidos nas próprias fontes vegetais, estudaram-se algumas das técnicas de funcionalização que atualmente são aplicadas em amidos nativos – amidos naturais, extraídos e purificados. Estas técnicas permitem ultrapassar a baixa versatilidade dos amidos nativos. Estas modificações provocam alterações na viscosidade das soluções, no tempo de vida e na estabilidade dos produtos, melhorando-os. Para além disso, permitem a estabilização dos grânulos de amido durante o seu processamento, conferindo-lhes características adequadas para a sua aplicação industrial.[38] As modificações provocadas no amido podem ser de origem física, química ou enzimática.

2.2.2.7.1. Funcionalização química

A funcionalização química é a mais comum no tratamento de amidos nativos, realizando-se através da utilização de reagentes químicos. As modificações químicas podem classificar-se em 3 tipos: modificação por *crosslinking*, por estabilização ou por conversão.

Entre os diferentes tipos de modificação química, o processo de *crosslinking* é o mais aplicado na indústria. Trata-se de uma modificação que envolve a substituição das ligações de hidrogénio entre cadeias de amido, por ligações covalentes mais fortes. A técnica é desenvolvida numa solução aquosa de amido, tratada com reagentes químicos sob agitação, temperatura e pH adequados. Quando a reação termina, realiza-se o acerto do pH até ao valor desejado e a purificação do amido através de lavagens com água. Finalmente, o amido é recuperado na forma de pó seco. Os amidos resultantes apresentam um perfil de viscosidade estável quando expostos condições extremas, tais como a exposição aquecimento prolongado ou a condições ácidas. Este tipo de modificação mostra-se vantajoso porque confere estabilidade granular e melhora a textura das soluções.[19]

A modificação por estabilização é utilizada para prevenir retrogradação e melhorar a tolerância dos grânulos de amido a alterações de temperatura (ex. produtos alimentares que sofrem ciclos de congelamento – descongelamento). Para o efeito, são introduzidos grupos químicos de bloqueio (*chemical blocking groups*) entre os polímeros de amido, de forma a minimizar a tendência para reassociação destes com as cadeias de amilose, e a consequente retrogradação. A aplicação deste tipo de modificação provoca descida da temperatura de gelatinização, aumento do pico de gelatinização e da estabilidade das pastas de amido, durante o armazenamento.[14]

O processo de conversão consiste na produção de amido com polímeros de baixo peso molecular, que exibem baixa viscosidade, boa capacidade de adesão, excelente claridade e estabilidade a baixas temperaturas. A oxidação é um exemplo de modificação química do amido por conversão. A modificação é feita com recurso à utilização de agentes oxidantes, sob condições controladas. Na indústria alimentar, o cloro - na forma de hipoclorito de sódio - é o agente oxidante com maior aplicação. As principais reações de oxidação do amido são a quebra das ligações poliméricas e a conversão dos grupos hidroxil (-OH) do amido, em grupos carbonil e carboxil. O processo é influenciado pelo valor de pH, pela temperatura e concentração do reagente oxidante. Estudos recentes indicam que a oxidação de amidos com elevado teor em amilopectina e o tratamento alcalino dos produtos resultantes da oxidação, apresentam excelentes propriedades, nomeadamente na estabilidade da viscosidade.[39]

2.2.2.7.2. Funcionalização física

O recurso à modificação física permite melhorar a solubilidade do amido em água e alterar o tamanho dos seus grânulos. Este tipo de modificação é promovido por variações de temperatura, humidade, combinações de pressão, corte e irradiação. A pré-gelatinização é um exemplo de modificação física do amido.

2.2.2.7.2.1. Pré-gelatinização (conceito na literatura)

Na literatura, vários autores descrevem que a pré-gelatinização é uma técnica de modificação física que consiste na gelificação e posterior eliminação da humidade de amidos nativos para recuperação em pó seco. O produto obtido, solúvel em água fria, é utilizado na indústria alimentar como espessante, sendo aplicado em produtos cujo processamento térmico deve ser mínimo. A aplicação deste aditivo permite assim que o produto adquira os requisitos de viscosidade pretendidos, sem que lhe sejam aplicadas elevadas temperaturas ou tensões de corte. Segundo Cancela M. A et al (20069), os amidos pré-gelatinizados retêm a maioria das propriedades funcionais e de viscosidade do material-base original.[12] A pré-gelatinização do amido provoca a perda da integridade dos grânulos, que passam a apresentar uma estrutura fragmentada.[22] Este tipo de amidos confere corpo e viscosidade aos produtos finais, oferecendo resistência quando sujeitos a processos com aquecimento e estabilidade no armazenamento a baixa temperatura. Os amidos pré-gelatinizados são a base para a confeção de alimentos pré-preparados (ex. sobremesas), fazendo com que o fabricante do alimento não precise de pré-cozinhar o amido.

2.2.2.7.2.2. Pré-gelatinização (Método aplicado na Frulact)

Industrialmente, na empresa Frulact, o termo pré-gelatinização é dado à etapa de aquecimento de uma solução aquosa de amido – nativo ou modificado - que antecede a fase de ingredientação dos preparados de fruta. A mistura é aquecida até cerca de 75°C, sob agitação contínua, obtendo-se uma pasta viscosa à qual são acrescentados os restantes ingredientes da formulação. O método tem sido aplicado para ultrapassar alguns problemas de ordem tecnológica, relacionadas com a instabilidade dos preparados. Com este método, o amido sofre gelatinização antes da adição da fruta e restantes ingredientes. Isto é, o amido é funcionalizado por ação da temperatura e agitação, antes de se proceder à pasteurização. Consequentemente, quando a fruta e restantes

ingredientes são adicionados no pré-mix, são envolvidos numa base que já tem consistência e textura homogénea. Com este processo, pretende-se que o amido adquira uma textura encorpada, capaz de suspender pedaços de fruta presentes nos preparados de forma homogénea, e um equilíbrio com os restantes ingredientes. O método aplicado permite o bombeamento de um preparado homogéneo nas linhas de produção, com distribuição uniforme dos pedaços de fruta. Verificam-se também melhorias na estabilidade dos produtos finais durante o armazenamento.

O método é normalmente aplicado em preparados onde o teor em sólidos solúveis especificado é elevado e a formulação contém baixo teor em água. Nesta situação, a funcionalização antecipada do amido mediante a tecnologia de pré-gelatinização, previne a inibição da gelatinização do amido, provocada por interferências de sólidos solúveis que competem com o amido pela água. A viscosidade da pasta de amido que se obtém depois da pré-gelatinização depende da % de água, da % de amido (até 7%) e da agitação.

Embora se tenha realizado uma revisão intensiva da bibliografia, não foram encontrados dados sobre a aplicação deste método - associado ao termo pré-gelatinização - podendo tratar-se de uma metodologia típica da empresa Frulact, desenvolvida para a otimização do desenvolvimento industrial de preparados de fruta.

2.2.2.7.3. Funcionalização enzimática

A biotecnologia tem permitido avanços na modificação do amido através da aplicação de enzimas. A hidrólise enzimática é usada para alterar a estrutura do amido e obter propriedades funcionais desejadas. Deste processo obtêm-se polímeros com menor dimensão, resultantes da hidrólise das ligações α -1,6 e α -1,4, estabelecidas entre os resíduos de glucose. As enzimas mais usadas para a modificação do amido são: α -amilases, glucoamilases, pululanases e isoamilases – isoladas a partir de fungos, leveduras, bactérias e plantas.

Após o processo de gelatinização, o amido torna-se mais facilmente acessível à ação de enzimas digestivas. Isto acontece uma vez que, quando submetidos a água aquecida, os grânulos de amido perdem a sua estrutura original e ocorre rutura das pontes de hidrogénio entre as cadeias de amilose e amilopectina. A hidrólise do amido envolve processos como a liquidificação e sacarificação. No primeiro caso, as α -amilases

catalisam a hidrólise desordenada das ligações glicosídicas α -1,4 das moléculas de amido, promovendo a formação de produtos de menor peso molecular e, conseqüentemente, diminuição da viscosidade do produto. A sacarificação é o processo através do qual o amido e seus intermediários são convertidos em monómeros de D-glucose e dextrinas, através da ação de glucoamilases.[40]

As modificações enzimáticas são vantajosas porque são realizadas em condições brandas de pH e temperatura, altamente específicas, reduzindo o número de reações colaterais e a produção de resíduos durante o tratamento. Para além disso, a tecnologia enzimática é considerada “limpa” e permite a substituição de muitos compostos químicos para a obtenção de características desejadas.[41] A aplicação da hidrólise enzimática leva à formação de dextrinas, maltose e glucose - açúcares mais ou menos complexos, com diferentes graus de doçura e aderência.

2.2.2.8. Aplicações do amido na indústria alimentar

O amido é amplamente utilizado na indústria alimentar como aditivo para alterar ou controlar diversas características – textura, aparência, humidade, consistência e estabilidade de um produto durante a sua vida de prateleira.

O amido é frequentemente utilizado como espessante e gelificante, graças à sua capacidade de formar um gel quando disperso em água e submetido a temperaturas elevadas. Entende-se por espessante a substância que, quando incorporada numa mistura aquosa, aumenta a sua viscosidade sem alterar substancialmente outras propriedades, tais como a cor ou sabor. Os agentes espessantes são usados para espessar e estabilizar soluções líquidas, emulsões, e suspensões.[34]

O amido é um aditivo alimentar que fornece corpo, aumenta a estabilidade e melhora a suspensão dos ingredientes adicionados. Pode ainda ser usado para clarear ou tornar um produto opaco. Os preparados de fruta, molhos para saladas, sobremesas, produtos enlatados, gelados e massas, entre outros, são alguns exemplos de produtos alimentares onde o amido é normalmente aditivado.

Nos preparados de fruta, o amido permite a redução de sinerese, confere textura e promove a suspensão de pedaços de fruta, após o seu processamento. Relativamente aos molhos, o amido é aditivado para melhorar o aspecto e a estabilidade de gorduras e

óleos nesses produtos. No fabrico dos gelados, a aplicação de xarope de amido permite a incorporação de maior quantidade de água na mistura, produzindo melhores efeitos de estabilidade na textura final dos gelados.[42]

2.3. Reologia

A reologia é a disciplina que estuda a deformação e a fluidez da matéria. A reologia alimentar consiste no estudo da consistência e do grau de fluidez dos alimentos quando sujeitos a condições específicas de processamento. O estudo destes parâmetros reológicos é muito importante para a compreensão do tempo máximo que os alimentos podem ser armazenados, como é que eles permanecem estáveis durante esse período e a textura final que adquirem.[10]

Na indústria alimentar, a análise da reologia dos alimentos é muito importante no fabrico e processamento dos mesmos. As propriedades reológicas dos produtos em fase intermédia do processamento determinam fortemente a qualidade do produto final. A engenharia agrícola interessa-se pelo estudo da resistência da integridade dos alimentos quando sujeitos a manipulação e o *stress* mecânico. A reologia alimentar preocupa-se em definir a relação existente entre o *stress* mecânico aplicado a um material e a deformação ou fluxo resultante do mesmo.[10]

Os alimentos são materiais estruturais e reologicamente complexos sendo que, em muitos casos, consistem em misturas de sólidos ou em componentes estruturais de fluidos. A reologia desempenha um papel muito importante nas categorias de aceitabilidade sensorial – aparência, aroma e textura. O estudo da viscosidade dos produtos alimentares é importante para a validação da sua textura.[10]

2.3.1. Viscosidade

A viscosidade é um dos parâmetros fundamentais que caracterizam o comportamento de fluxo de produtos alimentares líquidos e semi-líquidos. A viscosidade é uma medida de resistência ao movimento/escoamento (fluxo) quando uma tensão de corte é estabelecida, podendo existir fluidos que se movimentam com maior facilidade – menos viscosos – do que outros – mais viscosos.[43]

O estudo da mecânica de fluidos tem um peso importante na indústria alimentar, desde a fase de processamento ao transporte e armazenamento. A reologia preocupa-se em

compreender a forma como os alimentos respondem às forças e deformações aplicadas em todas estas fases. Os fluidos são substâncias que se deformam continuamente quando submetidas a uma tensão de corte (*shear stress*) - tensão gerada por forças aplicadas tangencialmente no material analisado. A tensão de corte é expressa em pascal (Pa), unidade SI (unidades do Sistema Internacional), ou em unidade de newton por metro² (N m⁻²). A taxa de corte (*shear rate*) é o gradiente de velocidade de um fluido como resultado da aplicação de uma tensão de corte, expresso em segundos⁻¹ (s⁻¹).

Embora na indústria alimentar a viscosidade dos gases não seja considerada, a sua incorporação em alguns produtos alimentares é recorrente, influenciando a textura final dos mesmos – gelados, pipocas, pão etc. A viscosidade distingue-se da textura uma vez que a primeira se aplica a fluidos e a segunda a alimentos sólidos. No entanto, a distinção entre sólidos e líquidos é tão pouco clara que se torna difícil dissociar os conceitos de viscosidade e textura.

2.3.1.1. Fatores que influenciam a viscosidade

A viscosidade de um fluido é afetada pelos seguintes fatores - temperatura, concentração e peso molecular do soluto, pH, pressão e matéria suspensa – sendo que os primeiros três não apresentam uma relação linear com a viscosidade. À medida que a temperatura desce, a viscosidade tende a aumentar. Considerando a temperatura constante, a viscosidade é tanto maior quando maior for o teor em sólidos de um fluido. Perante as mesmas condições de concentração de soluto, a viscosidade revela-se superior nos casos em que o peso molecular do mesmo é superior. No que diz respeito à pressão a que um fluido é submetido, a viscosidade mantém-se constante no intervalo de 0-100 atm a que o mesmo for sujeito, sendo por isso o seu efeito ignorado na indústria alimentar. Relativamente à matéria suspensa, quando presente em baixas concentrações, provoca um aumento pouco significativo na viscosidade de um fluido. No entanto, elevadas concentrações podem promover o aumento significativo da viscosidade devido à interação e agrupamento entre partículas.[10]

2.3.1.2. Tipo de Fluidos

O comportamento de fluxo de um produto alimentar durante o seu processamento pode variar significativamente devido às agressões mecânicas a que é sujeito durante as seguintes etapas: mistura, aquecimento, arrefecimento, homogeneização, cristalização

entre outras. De acordo com o tipo de comportamento resultante da aplicação de tensões de corte, os fluidos podem ser classificados em Newtonianos e não-Newtonianos. Dentro desta última categoria, distingue-se ainda o comportamento plástico, pseudoplástico ou de fluxo dilatante.[43]

2.3.1.2.1. Fluidos Newtonianos

O comportamento Newtoniano é caracterizado pela relação linear e diretamente proporcional entre a tensão de corte e a taxa de corte, estabelecidos num fluido. Neste tipo de fluidos, a viscosidade mantém-se constante à medida que a taxa de corte varia. Em termos práticos, isto significa que a uma dada temperatura, a viscosidade de um fluido Newtoniano mantém-se constante. A água, chá, café, cerveja, bebidas gaseificadas, xaropes de açúcar, mel, óleos comestíveis e o leite são exemplos de fluidos que apresentam um comportamento tipicamente Newtoniano.[43]

2.3.1.2.2. Fluidos Não-Newtonianos

Num fluido não-Newtoniano a relação entre a tensão de corte e a taxa de corte não é constante ou seja, à medida que a taxa de corte varia, a tensão de corte que lhe corresponde não varia na mesma proporção. Consequentemente, a viscosidade deste tipo de fluidos não é constante, variando à medida que a taxa de corte varia. O comportamento de um fluxo não-Newtoniano pode ser compreendido imaginando um fluido como uma mistura de moléculas com diferentes formas e tamanhos. À medida que as moléculas “passam” umas pelas outras, tal como acontece durante o fluxo, a forma, tamanho e grau de coesão destas determina a quantidade de força necessária para as mover. Consequentemente, para cada taxa de corte aplicada, o alinhamento das moléculas será diferente e mais ou menos força será necessária para as manter em movimento. A viscosidade de um fluido não-Newtoniano é normalmente designada por viscosidade aparente. Os fluidos não-Newtonianos podem apresentar diferentes comportamentos, sem classificados por plásticos, pseudoplásticos ou dilatantes – Figura 16.[10] O iogurte é um exemplo de fluido com comportamento não-Newtoniano.

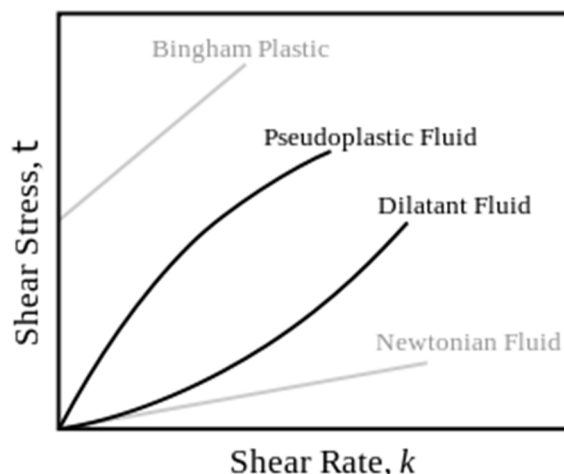


Figura 16 - Apresentação esquemática da tensão de corte em função da taxa de corte de fluidos não-Newtonianos.[43]

Os fluidos plásticos requerem a aplicação de uma tensão de corte mínima para que ocorra fluxo ou seja, quando sujeitos a baixas tensões, comportam-se como sólidos, sob condições estáticas. A tensão requerida para a indução de fluxo é chamada de tensão de rendimento (*yeld stress*). Alguns exemplos de fluidos plásticos são: maionese, margarina, *ketchup*, *chantilly*, etc.

Os fluidos pseudoplásticos caracterizam-se pelo decréscimo da viscosidade e da tensão de corte que ocorre à medida que aumenta a taxa de corte. Os molhos para saladas são um bom exemplo deste tipo de fluidos. Finalmente, num fluido dilatante observa-se um aumento da viscosidade à medida que aumenta a taxa de corte. A mistura de água com amido de milho é um exemplo de fluido não-Newtoniano, cuja viscosidade depende da energia cinética que lhe é conferida: quando não é induzida nenhuma tensão, a mistura comporta-se como um líquido; quando lhe é aplicada agitação vigorosa, a mistura adota o comportamento semelhante ao de um sólido.[43]

2.3.2. Comportamento reológico de preparados de fruta para iogurte

O fluxo dos preparados de fruta apresenta um comportamento pseudoplástico onde a viscosidade diminui com o aumento da taxa de corte. Ou seja, o *stress* mecânico que ocorre durante o processamento do produto - provocado pelo bombeamento e agitação - promovem um decréscimo da sua viscosidade. No entanto, quando sujeito a condições estáticas ou de baixo *stress*, o preparado tende a adquirir viscosidade elevada. Uma vez

que os preparados de fruta para iogurtes têm que ser frequentemente bombeados ou agitados durante o seu processo de fabrico, a relação entre o *stress* mecânico e a viscosidade adquirida pelo preparado é um fator importante.[12]

A tensão de corte depende da geometria da tubagem e da velocidade com que o produto é bombeado nesta. Em situações como as etapas de bombeamento e agitação, torna-se vantajoso que a viscosidade do produto seja baixa para que a força e energia requeridas sejam menores. Nestas condições, o produto acaba por estar mais protegido de danos mecânicos e a fruta fica melhor preservada. Quanto menor for a viscosidade atingida a uma dada velocidade de agitação, melhor será o comportamento dos preparados de fruta quando misturados com o produto láteo. No entanto, durante a produção de preparados com pedaços de fruta, é vantajoso que se adquira um certo nível de viscosidade que permita a suspensão dos mesmos. Resumindo, um preparado de fruta para aplicação em iogurte deve apresentar as seguintes características reológicas: boas propriedades de bombeamento, integridade dos pedaços de fruta, boa capacidade de mistura no iogurte, suspensão e distribuição homogénea dos pedaços de fruta, baixa tendência para sinerese e textura adequada.[5]

2.4. Textura

A textura consiste num o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detetáveis pelos recetores mecânicos, táteis e, eventualmente, pelos recetores visuais e auditivos.[11] Como referido anteriormente, a textura é um dos principais fatores de qualidade estudados na indústria alimentar, cuja importância na aceitabilidade global depende do tipo de alimento. Estudos demonstram que quando são realizados testes em que a textura e cor dos alimentos são mascarados, sendo o sabor o único atributo usado para identificação, poucas pessoas conseguem fazer a correta correspondência.

Existe uma larga variedade de características texturais em alimentos, estando estas associadas à complexidade do aparelho mastigatório. A sensação de corpo, cremosidade, dureza, crocância, firmeza e suavidade são algumas das palavras usadas para descrever a textura de um alimento. Em termos sensoriais, a textura é a propriedade mais importante em alimentos sólidos e semi-sólidos.

2.4.1. Métodos de determinação

A textura de um produto alimentar pode ser determinada instrumental ou sensorialmente. A seleção do método a utilizar depende de várias características: tipo de produto, objetivo do teste, rapidez da resposta (ex. testes de rotina exigem resposta rápida) e custos associados. Ao realizar testes instrumentais é importante conhecer a sua correlação com a avaliação sensorial.

2.4.1.1. Instrumentais

Os métodos instrumentais podem ser: fundamentais, imitativos ou empíricos. Os testes fundamentais medem propriedades físicas, bem definidas, dos alimentos. Ou seja, os resultados obtidos são expressos em grandezas físicas fundamentais - independentes das condições da experiência e do instrumento usado. Os principais inconvenientes deste tipo de teste são o elevado custo dos instrumentos de medição e o facto de os resultados obtidos não se relacionarem bem com os da avaliação sensorial. No entanto, estes testes têm maior rigor científico.

O viscosímetro *Brookfield* é utilizado para determinar a viscosidade de fluidos e é um exemplo de instrumento usado em testes fundamentais, para análise de textura.



Figura 17 - Viscosímetro *Brookfield*. [43]

O dispositivo é constituído por um motor de indução sincronizado que confere uma série de velocidades, com rotação constante. O equipamento possui também um estojo de *spindles* com diferentes formas - cilíndricas, discos, barras em T - que se aplicam individualmente, girando a uma velocidade seleccionada. Quando a *spindle* é introduzida

no fluido e o motor é ligado, o perfil de viscosidade é registado como um valor de torque – tendência de uma força para rodar um objeto em torno de um eixo. Este valor pode depois ser convertido em unidades de viscosidade aparente, por exemplo em P (*poise*) - equivalente a Pa.s. O *Brookfield* é amplamente utilizado na área alimentar, podendo ser aplicado em estudos de fluidos Newtonianos e não-Newtonianos.[43]

Os testes empíricos são baseados em experimentação e observação, sendo por isso pouco rigorosos em termos científicos. São desenvolvidos com instrumentos muito simples e expeditos. Aplicam-se com frequência na indústria uma vez que os resultados obtidos - expressos em unidades não fundamentais - são úteis no controlo da qualidade e desenvolvimento de produtos. O consistómetro de *Bostwick* é um exemplo de instrumento usado em testes empíricos. Trata-se de um dispositivo que mede a resistência ao escoamento de fluidos, como o *ketchup* e purés de fruta, ao longo de uma secção retangular e horizontal, de aço inoxidável – Figura 18.

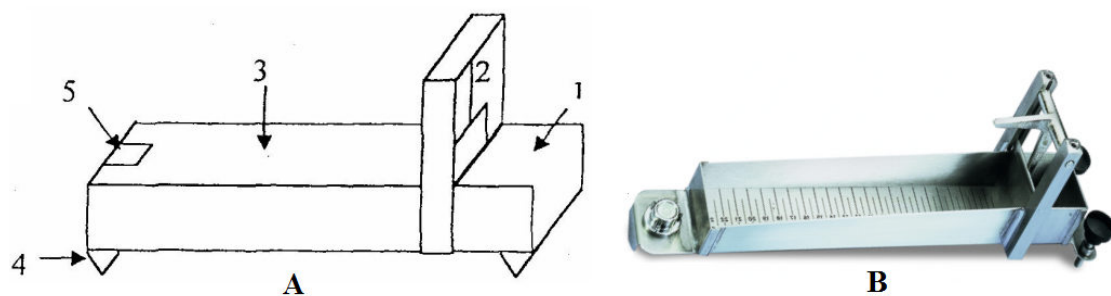


Figura 18 - Consistómetro de *Bostwick*: A – Esquema do dispositivo (1- compartimento para a amostra; 2 – alavanca; 3 – compartimento com fundo graduado em cm; 4 – pés reguláveis; 5 – nível) B – Imagem real do instrumento.

O dispositivo compreende duas secções seguidas (1 e 3), separadas por uma barreira móvel (2). O segundo compartimento (3) possui uma grelha com linhas paralelas, separadas por intervalos de 0,5 cm a partir da barreira móvel. As medições são realizadas colocando o fluido que se pretende analisar no compartimento para a amostra (1), preenchendo-o. O consistómetro é nivelado e o “gatilho” que faz levantar a barreira móvel é pressionado. Inicia-se o fluxo do fluido pela grelha, escorrendo livremente sob a força gravítica que o primeiro compartimento imprime no segundo. A consistência do fluido é determinada em unidades de distância percorrida por tempo, após a libertação da barreira móvel, cm/60s. Nos produtos em que ocorre sinerese, o líquido

que se separa do gel ou puré é geralmente ignorado e a leitura é feita na extremidade dianteira do puré.

Finalmente, nos testes imitativos, tenta-se reproduzir as condições a que o material é sujeito durante o processamento e avalia-se o seu comportamento reológico nessas condições. Este tipo de teste é uma particularização dos testes empíricos, sendo que os resultados também são expressos em unidades empíricas, tornando-se difíceis de interpretar e comparar.[43]

2.4.1.2. Sensoriais

A avaliação sensorial é o método de eleição para análise de textura de produtos alimentares sólidos e semi-sólidos. A análise sensorial de um produto implica a criação e treino de um painel de provadores que é submetido a provas sensoriais. Existe um universo de provadores com diferentes graus de qualificação, que vão desde o simples provador – participante perspicaz e sensível, seleccionado e treinado para avaliar as características organolépticas de um produto, mediante os órgãos dos sentidos – até ao provador perito especializado – que tem experiência adicional como especialista no produto e/ou processo e/ou marketing.

As provas em análise sensorial podem ser analíticas - indicam diferenças entre produtos ou descrevem uma ou várias características – afetivas ou hedónicas - indicam a preferência/agrado sobre determinado produto. As provas analíticas podem ser discriminativas - não permitem quantificar a intensidade da diferença entre as amostras – ou descritivas - permitem caracterizar e/ou comparar amostras em relação a uma ou mais características sensoriais e quantificá-las.

As provas descritivas são aplicadas no estudo de qualidades sensoriais complexas e multidimensionais de um produto/amostra. Neste caso, são aplicados métodos que permitem o uso de termos descritivos para a avaliação dos atributos sensoriais da amostra e a intensidade de cada atributo. Estes métodos são comumente designados por Perfil Sensorial.

Através de uma análise sensorial é possível caracterizar o perfil de textura de um produto alimentar com diversos descritores. Os métodos de análise do perfil de textura de um produto são procedimentos formais utilizados para avaliar, de forma reprodutível,

atributos de uma amostra e classificar a sua intensidade numa escala adequada. A tabela 4 reúne um conjunto de descritores a ter em conta na avaliação de textura, em alimentos sólidos e semi-sólidos.

A análise sensorial pode ser efetuada com base na norma ISO-11036, elaborada pela Internacional Organization of Standardization, que descreve o método para o desenvolvimento do perfil de textura de produtos alimentares – sólidos, semi-sólidos e líquidos. O método consiste no desenvolvimento do perfil de textura de um produto alimentar através da classificação sistemática dos parâmetros descritivos de textura. Segundo a respetiva norma ISO, os atributos de textura podem ser classificados em 3 classes distintas: atributos mecânicos, geométricos e de superfície. Os atributos mecânicos estão relacionados com a reação do produto ao *stress* que lhe é infligido, e estão divididos em 5 características principais – dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade – descritas na tabela 4.

Os atributos geométricos são percebidos por recetores táteis localizados na pele, boca e garganta, estando também relacionados com o aspeto que os produtos apresentam. A granularidade é um exemplo de atributo geométrico. Os atributos de superfície estão relacionados com as sensações produzidas pela humidade e/ou teor em gordura – ex. cremosidade.

Na realização de uma análise sensorial, os descritores devem ser selecionados de acordo com o tipo de produto que se pretende analisar. Isto é, ao analisar um iogurte não fará sentido avaliar, por exemplo, a crocância do mesmo uma vez que nenhum iogurte possui características crocantes.

Tabela 4 - Principais descritores utilizados na caracterização de alimentos semi-sólidos.

Descritores	Definição	Limite inferior	Limite superior
Refletividade	Capacidade de refletir a luz que incide na superfície do alimento.	Baço	Brilhante
Elasticidade	Capacidade do produto voltar à forma inicial, depois de ser comprimido.	Plástico	Elástico
Fibrosidade	Quantidade de filamentos possíveis de distinguir durante a mastigação.	Ausência de fibras	Muitas fibras
Granularidade	Percepção visual de aglomerados de partículas que se distinguem no alimento.	Poucos grânulos	Muitos grânulos
Coesividade	Grau de deformação de uma substância antes da mesma quebrar/partir.	Pouco coeso	Muito coeso
Adesividade	Força necessária para remover o material que adere à boca, principalmente ao palato.	Pouco adesivo	Muito adesivo
Dureza	Força necessária para deformar um produto.	Mole	Duro
Gomosidade	Esforço necessário para desintegrar o produto até que este esteja pronto a ser engolido.	Pouco gomoso	Muito gomoso
Cremosidade	Percepção de gordura na boca.	Pouco cremoso	Muito cremoso
Viscosidade	Resistência ao fluxo/movimento.	Pouco viscoso	Muito viscoso
Corpo	Sensação <i>mouthfeel</i> . Boca preenchida.	Pouco encorpado	Muito encorpado

3. EXTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

O projeto apresentado iniciou-se com a realização de uma pesquisa preliminar que serviu para selecionar matérias-primas cujo teor em amido fosse elevado e que, simultaneamente, fossem fáceis de adquirir e manipular. Selecionaram-se dois tipos de matérias-primas: frescas – banana *plantain*, banana-verde e batata-doce – e secas – farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha (farinhas *standard*, de fácil aquisição no mercado). A escolha destas matérias-primas teve como base a fácil aquisição no mercado e a possibilidade da sua integração em preparados de fruta, produzidos na Frulact, baseados nos projetos *Fruitonly* e *Naturalidade*

Seguidamente, prepararam-se as amostras - soluções aquosas das respetivas matérias-primas, com % de amido teoricamente conhecido: 2, 4, 6 e 8%. Todas as amostras foram submetidas a pasteurização. No caso das matérias-primas secas, a pasteurização foi precedida por um passo de pré-aquecimento, para otimização da dispersão das farinhas em água. Posteriormente, o plano de trabalho dividiu-se em 3 etapas principais: caracterização das amostras diluídas, aplicação de técnicas de funcionalização do amido presente nas mesmas e introdução de purés funcionalizados no desenvolvimento de preparados de fruta.

A etapa de caracterização das amostras consistiu na determinação de pH, do teor em sólidos solúveis, da viscosidade e análise microscópica dos grânulos de amido. No estudo de funcionalização do amido, aplicaram-se as técnicas de hidrólise enzimática e pré-gelatinização – método aplicado na Frulact - em amostras de banana *plantain* e de farinhas, respetivamente.

Depois das etapas descritas, verificou-se que as farinhas se revelaram bastante promissoras, apresentando elevado potencial de manipulação tecnológico. O facto foi comprovado pela capacidade de transformação das mesmas em géis viscosos, quando submetidas a condições de tempo, temperatura e solubilidade adequadas. Por esse motivo, a última etapa do plano de trabalho consistiu no desenvolvimento de preparados de fruta com introdução de purés de farinhas funcionalizadas, mediante a tecnologia de pré-gelatinização.

Finalmente, procedeu-se à aplicação dos preparados em iogurte e à avaliação sensorial dos mesmos, recorrendo a um painel de provadores, formado e treinado para o efeito. A Figura 19 é representativa do esquema de trabalho supra referido.

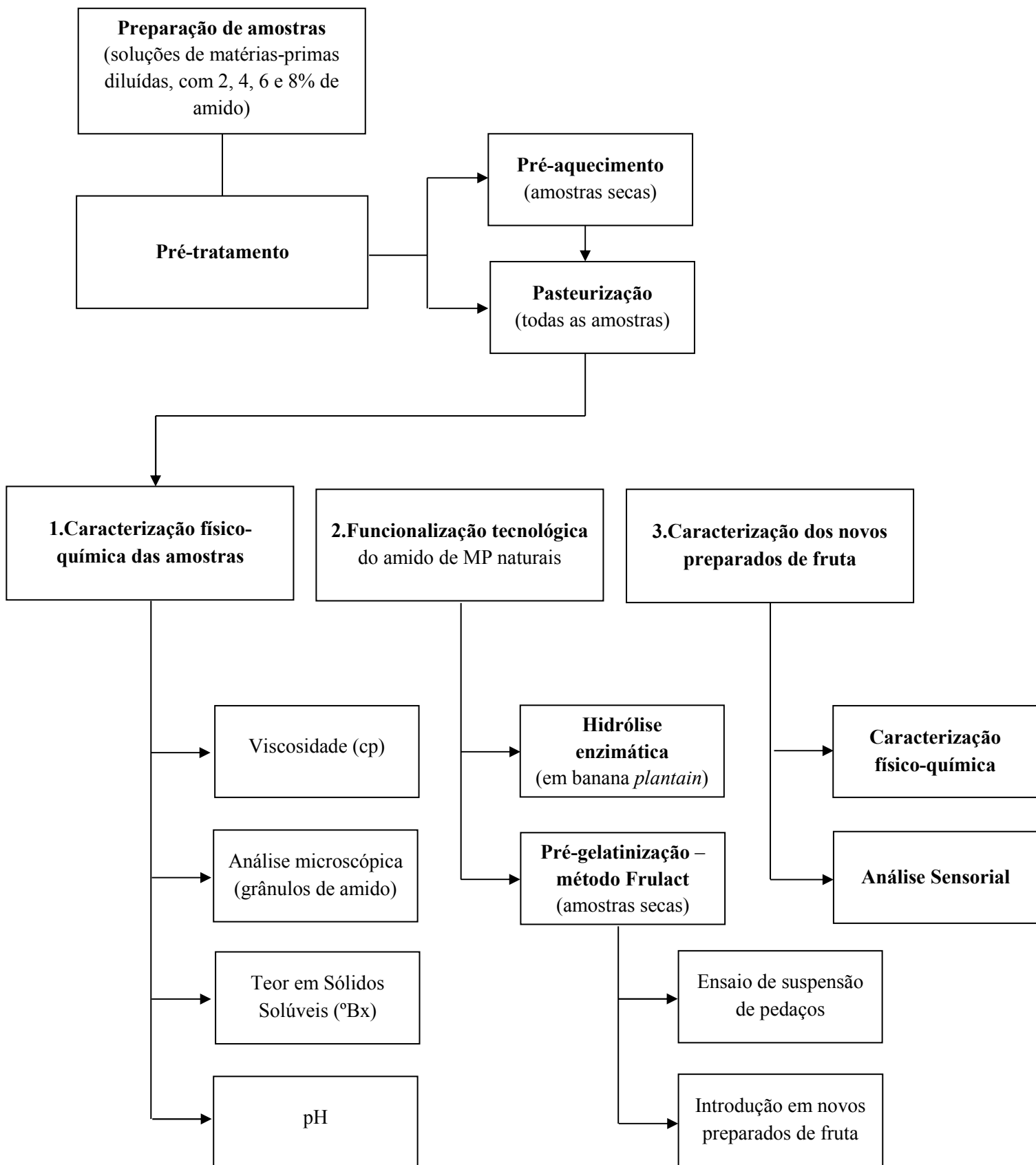


Figura 19 - Esquema representativo das etapas experimentais desenvolvidas no projeto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Preparação de amostras

As amostras consistiram em soluções aquosas das diferentes matérias-primas selecionadas: banana *plantain*, banana-verde, batata-doce, farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha. As diluições realizaram-se recorrendo a uma base de percentagem de amido, presente em cada matéria-prima, de forma a obter soluções com 2, 4, 6 e 8% de amido. A Tabela 5 apresenta a % de matéria-prima necessária para a preparação das amostras diluídas.

Tabela 5 – Proporção de matéria-prima necessária para preparação de amostras com 2, 4, 6 e 8% de amido.

Matérias-primas	% Matéria-Prima			
	2% Amido	4% Amido	6% Amido	8% Amido
Banana-verde	20,4	40,8	61,2	81,6
Banana <i>plantain</i>	16,9	33,9	50,8	67,8
Batata-doce	24,7	49,4	74,1	98,8
Farinha de banana-verde	2,4	4,8	7,3	9,7
Farinha de arroz	3,2	6,5	9,7	12,9
Farinha de amaranto	4,0	8,0	12,0	15,9
Farinha de castanha	2,8	5,6	8,4	11,2

Os cálculos para a obtenção destes valores realizaram-se com base nos seguintes dados teóricos, encontrados na bibliografia ou nas fichas técnicas das respetivas matérias-primas: % de peso seco (PS), % de água e % de amido no peso seco das matérias-primas. Na Tabela 3 e no anexo B encontram-se os dados referidos e os cálculos realizados, respetivamente.

4.1.1. Amostras frescas

A preparação das amostras frescas dividiu-se em duas etapas: a primeira consistiu na preparação de amostras concentradas - 100% matéria-prima - e a segunda, na diluição destas em soluções com 2, 4, 6 e 8% de amido.

4.1.1.1. Amostras concentradas

A banana-verde e a banana *plantain* foram compradas num super-mercado local, num estado bastante prematuro da sua maturação. Os dois tipos de bananas foram sujeitos a descasque, corte e homogeneização num liquidificador (RETSCH, GM300, Alemanha). No caso da banana-verde, a liquidificação foi executada a 3500rpm (rotações por minuto), durante 3 minutos, correspondentes ao tempo e velocidade de rotação máximos instrumentais. A banana *plantain* foi homogeneizada no mesmo liquidificador a 150 rpm, em 3 ciclos de 3 minutos. Com o tratamento descrito, pretendia-se que as amostras estudadas apresentassem um perfil de viscosidade constante de cada vez que fossem preparadas. O passo de homogeneização contribuiu também para a libertação dos grânulos de amido dos locais de armazenamento na fruta. Posteriormente, as amostras concentradas foram congeladas num intervalo de temperatura de -10 a -25°C.

A batata-doce utilizada foi fornecida sob a forma de puré concentrado, pelo fornecedor *Kanegrade*. Segundo descrito na ficha técnica do produto, a batata é cortada em cubos que são mergulhados em água e colocados num forno. Posteriormente, a batata é torrada até 85°C, permanecendo a esta temperatura durante 3 minutos. Segue-se uma fase de arrefecimento até cerca de 10°C e a posterior transformação em puré.

4.1.1.2. Amostras diluídas (2, 4, 6 e 8% de amido)

A preparação das amostras diluídas iniciou-se descongelando, no microondas, os purés concentrados, preparados no passo anterior. De acordo com a Tabela 5, pesaram-se as quantidades necessárias à preparação de 300g de puré. Seguiu-se a diluição em água e a homogeneização da mistura usando um Ultra-Turrax (IKA®, T18 Basic, Alemanha).

4.1.2. Amostras secas

As amostras secas diluídas, com 2, 4, 6 e 8% de amido, foram preparadas diretamente a partir da pesagem das farinhas e da sua diluição em água, tal como descrito no ponto anterior.

4.2. Tratamento das amostras diluídas

A etapa de tratamento das amostras diluídas consistiu na sua transformação em puré. Isto é, depois de homogeneizadas e diluídas, as amostras foram submetidas a

tratamentos térmicos para transformação em produtos de consistência pastosa ou em líquidos espessos.

4.2.1. Pré-aquecimento

O passo de pré-aquecimento foi aplicado unicamente na preparação de amostras secas, diluídas. O passo foi introduzido uma vez que se verificou uma fraca dispersão das farinhas em água, resultando na separação de fases das duas substâncias. O processo aplicado consistiu no aquecimento das amostras até 75°C, com agitação constante. O aquecimento foi realizado usando uma panela e uma placa de indução. Concluída esta etapa, procedeu-se à compensação da água perdida e ao reaquecimento das amostras, até se verificar nova homogeneização.

4.2.2. Pasteurização

O processo foi realizado aquecendo as amostras num dispositivo térmico (*Thermo Electron*, Karlsruhe, GmbH, Alemanha) que funciona como um “banho-maria”, a temperatura controlada. Para proceder à pasteurização, a temperatura da água no interior do dispositivo foi programada para 100°C e as amostras – inseridas em recipientes de vidro - foram colocadas no interior do mesmo até atingirem 95°C. Posteriormente, seguiu-se o *holding* de 5 minutos à respetiva temperatura.

Para minimizar perdas de água durante o aquecimento, as amostras foram seladas com papel de alumínio. Concluída a pasteurização, seguiu-se o arrefecimento até à temperatura ambiente (20±2°C). Todas as amostras diluídas – frescas e secas – foram submetidas a pasteurização. No caso das amostras secas, a pasteurização foi precedida pela etapa de pré-aquecimento, descrita anteriormente.

4.3. Caracterização das amostras diluídas

As amostras diluídas - frescas e secas - foram caracterizadas relativamente à viscosidade adquirida, ao teor em sólidos solúveis e ao pH. A determinação dos respetivos parâmetros foi precedida pelos tratamentos descritos no ponto anterior: pasteurização - no caso das amostras frescas - e pré-aquecimento, seguido de pasteurização - no caso das amostras secas. Para a elaboração deste ensaio, as amostras foram preparadas em triplicado. Os parâmetros foram determinados após arrefecimento das mesmas até à temperatura ambiente.

4.3.1. Viscosidade

As leituras de viscosidade foram realizadas no viscosímetro digital *Brookfield* (DV-II+Pro, USA), em cp (*centipoise*). A velocidade de rotação do conjunto de *spindles* utilizado – 1 a 7 – foi de 50 rpm, sendo 0,5 e 100 rpm as velocidades instrumentais mínima e máxima, respetivamente. O período de rotação, selecionado para a determinação da viscosidade, foi de 1 minuto.

4.3.2. Análise microscópica dos grânulos de amido

A análise da dimensão e forma dos grânulos de amido foi feita recorrendo ao microscópio ótico (*PriorLab*, Inglaterra), equipado com duas oculares WFX[®]/18. Neste ensaio, procedeu-se à análise de amostras diluídas de matérias-primas – frescas e secas - com 4% de amido, submetidas a pré-aquecimento até 75°C na panela e placa de indução, com agitação constante. Adicionalmente, estudou-se o efeito o mesmo tratamento em amidos nativos de tapioca e de amido de milho ceroso.

Para a observação dos grânulos no microscópio, utilizou-se o método de coloração com iodo. Para o efeito, preparou-se uma solução aquosa de iodo (1%) e iodeto de potássio (4%). A solução descrita foi aplicada (entre uma a duas gotas) sobre uma pequena quantidade de amostra. Finalmente, os grânulos de amido foram observados com ampliação de 40x. As imagens observadas foram registadas com máquina fotográfica.

4.3.3. Teor em sólidos solúveis

O teor em sólidos solúveis foi determinado utilizando o refratómetro (*Bellingham+Starley* Ltd., RFM732, UK) que permite, numa escala numérica, quantificar o açúcar presente nas amostras. Antes da sua utilização, o refratómetro foi calibrado com água destilada.

4.3.4. pH

O pH foi determinado usando o potenciómetro (*Consort*, C860, Bélgica), previamente calibrado, utilizando as soluções tampão com pH 7,0, 4,0 e 1,68.

4.4. Técnicas de funcionalização

4.4.1. Hidrólise enzimática (banana *plantain*)

O teste realizou-se utilizando uma α -amilase cujo nome comercial é Clarase L. O efeito enzimático foi analisado na solução diluída de banana *plantain*, com 4% de amido. O pH da respetiva solução foi acertado para 5,0 – pH ótimo de reação da enzima (segundo a ficha técnica da mesma) - com os seguintes reguladores de acidez: citrato trissódico (E331) e ácido cítrico anidro (E330).

O teste realizou-se em triplicado, fazendo variar a % de Clarase L – 0% (controlo), 0,01%, 0,015% e 0,03% - e o tempo de reação da enzima - 5, 15 e 25 minutos. O teste consistiu na adição das respetivas % de enzima em frascos contendo a amostra de banana *plantain* diluída. Os mesmos foram inseridos num banho de água a 55°C até atingirem 50°C, no interior – temperatura ótima de reação da enzima.

Depois de submetidas aos diferentes tempos de reação, as soluções foram retiradas do banho e arrefecidas até à temperatura ambiente. Posteriormente, foram pasteurizados, seguindo-se medição da viscosidade à temperatura ambiente.

4.4.2. Pré-gelatinização – Método Frulact (amostras secas)

Nesta fase do trabalho, testou-se a funcionalização de matérias-primas secas – farinhas. Para o efeito, analisou-se a possibilidade de adaptação do processo de pré-gelatinização, utilizado industrialmente na Frulact, em soluções de farinhas diluídas. Pretendia-se a obtenção de purés com características de textura semelhantes às conferidas por amidos - nativos ou modificados - em soluções aquosas, submetidas a aquecimento térmico. Para o efeito, estudou-se um conjunto de variáveis processuais, de forma a selecionar as condições ótimas de pré-gelatinização. As variáveis estudadas foram: proporção de farinha/água das amostras diluídas – 7,5/82,5 (farinha de banana-*verde*); 10/90 (farinha de arroz) e 12,5/82,5 (farinha de amaranto e castanha) - tempo – 0, 10 ou 15 minutos – e temperatura de pré-gelatinização – 80 ou 90°C.

Na tabela 6 encontram-se as proporções de farinha/água estabelecidas e a % de amido correspondentes a cada matéria-prima. A atribuição das proporções a cada tipo de farinha realizou-se com base na experiência adquirida na caracterização da viscosidade das amostras diluídas.

Tabela 6 – Proporção de farinha/água utilizada na preparação de soluções de matérias-primas diluídas, submetidas a pré-gelatinização. % de amido correspondente a cada solução.

Matéria-Prima	Proporção farinha/Água	% Amido
Farinha de banana-verde	7,5/82,5	6,2
Farinha de arroz	10/90	7,7
Farinha de amaranto	12,5/82,5	6,3
Farinha de castanha	12,5/82,5	7,1

Depois de preparadas nas proporções indicadas, as soluções foram colocadas num banho de água quente. Cada 3 réplicas, posicionadas no centro do banho, foram submetidas a agitação constante durante o processo de aquecimento. A agitação foi promovida por um agitador mecânico desenhado e construído para o efeito – Figura 20.

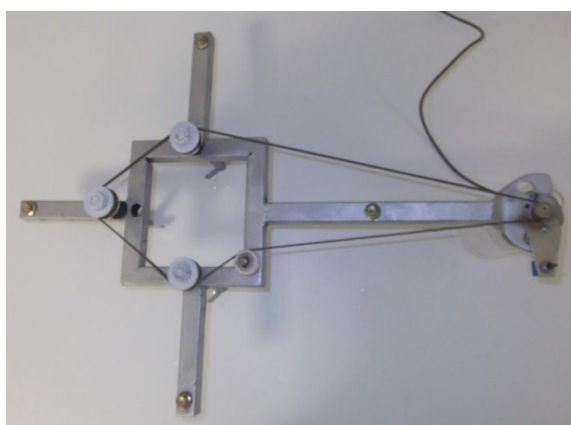


Figura 20 - Dispositivo mecânico para agitação homogênea de 3 réplicas.

O agitador consiste num dispositivo que permite agitar 3 réplicas em simultâneo, a velocidade constante (500 ou 850 rpm). A agitação das soluções ocorre através do movimento de 3 pás, promovido por uma correia que faz girar um sistema de roldanas. Neste ensaio a velocidade de agitação foi de 500 rpm. O movimento das 3 pás agitadoras pretendia simular, em cada frasco, o tipo de agitação que ocorre num RPA (Agitador Perfeitamente Agitado).

As temperaturas de pré-gelatinização (80°C ou 90°C) foram testadas e, para cada uma, testaram-se os seguintes *holdings* - 5, 10 e 15 minutos. Finalmente, procedeu-se à

determinação das viscosidades imediatamente após pré-gelatinização e após arrefecimento até à temperatura ambiente.

Mediante os resultados de viscosidade obtidos, procedeu-se à seleção das condições consideradas ideais para a pré-gelatinização de cada amostra. A seleção destas condições foi feita estimando/prevendo o comportamento das amostras funcionalizadas, num preparado de fruta. Isto é, tendo em consideração a sua diluição nos restantes ingredientes da fórmula e a etapa de pasteurização a que o preparado de fruta deve ser sujeito.

4.4.2.1. Ensaio de suspensão de pedaços de morango

Neste ensaio, analisou-se a capacidade de suspensão de pedaços de morango em purés de farinhas com 3,5% de amido pré-gelatinizado. A pré-gelatinização foi executada de acordo com as características ótimas, selecionadas no ponto anterior. Adicionalmente, procedeu-se ao acerto do pH das farinhas em solução, para 3,8, com ácido cítrico anidro (E330) – valor aproximado ao pH dos preparados de fruta. Posteriormente aplicou-se 20% de pedaços de morango IQF (*Individually Quick Frozen*) com 10x10 mm, nos purés que resultaram da pré-gelatinização.



Figura 21 - Pedaços de morango IQF com 10x10 mm.

Finalmente, os purés com pedaços de morango foram submetidos a pasteurização. Após o arrefecimento até 40°C (temperatura típica de embalamento), os purés foram introduzidos em copos de vidro de 200 mL e agitados uma última vez, com espátula. Finalmente, a posição dos pedaços no interior dos copos foi registada marcando o ponto central dos mesmos com um marcador.

Para efeitos comparativos, o mesmo ensaio foi realizado em purés preparados mediante pré-aquecimento, seguido de pasteurização, tal como descrito nos pontos 4.2.1 e 4.2.2. A suspensão dos pedaços foi analisada durante 25 dias, à temperatura ambiente, tratando-se por isso de um ensaio de envelhecimento acelerado. Durante esse período, analisou-se a subida, descida ou estabilidade dos pedaços relativamente ao ponto marcado inicialmente.

4.5. Desenvolvimento de novos preparados de fruta

Para o desenvolvimento de novos preparados, estabilizados sem a adição dos hidrocoloides habituais – amidos nativos ou modificados, gomas, etc – selecionou-se a técnica de pré-gelatinização anteriormente referida, estudada em amidos de matérias-primas secas.

4.5.1. Adaptação do processo de pré-gelatinização

Nesta fase, procedeu-se à adaptação do processo de pré-gelatinização para uma escala piloto. Isto é, em vez de funcionalizar 200g de amostra, pretendia-se funcionalizar entre 1,5 a 2 kg. Para o efeito, o processo foi adaptado a um recipiente de maior dimensão, no qual se mergulharam as 3 pás agitadoras do dispositivo mecânico – Figura 22. A velocidade de rotação foi adaptada para 850 rpm. Depois de funcionalizados, os purés foram integrados nos preparados de fruta, como se se tratassem de um ingrediente da fórmula.



Figura 22 - Dispositivo mecânico para agitação homogênea de 3 réplicas, adaptado para a pré-gelatinização de amidos de farinhas, para incorporação em preparados de fruta.

4.5.2. Formulação de preparados de fruta

Para o desenvolvimento de preparados de fruta com amidos de farinhas funcionalizados mediante pré-gelatinização, usaram-se como referência duas formulações originais da Frulact – uma de morango e outra de pêsego – anexo E. As respectivas formulações foram escolhidas tendo em conta a sua ampla produção e comercialização.

Para a introdução dos purés funcionalizados, procedeu-se a um conjunto de alterações das formulações de referência. Em ambas, exluíram-se todos os hidrocoloides utilizados – amidos e gomas. Em substituição, introduziram-se os purés funcionalizados mediante a técnica de pré-gelatinização otimizada. Estabeleceu-se também que os novos preparados desenvolvidos teriam 3,5% de amido - % média de amido presente nos preparados de fruta em estudo. Por esse motivo, foram feitos ajustes às % de farinha a pesar, mantendo as proporções de farinha/água estabelecidas no ponto 4.4.2. Relativamente à formulação do preparado de morango, procedeu-se à redução da % de açúcar para aumentar a % de água disponível na fórmula – necessária à pré-gelatinização.

Deste estudo, resultaram 8 novas formulações - 4 de morango e 4 de pêsego - sendo que, em cada conjunto foram introduzidas as 4 farinhas com amido pré-gelatinizado. Adicionalmente, desenvolveram-se preparados padrão de morango e pêsego, com 3,5% de amido modificado de milho (E1422) ou amido nativo de arroz.

Na realização dos preparados de fruta, o primeiro passo da ingredientação consistiu na introdução da fonte de amido – farinhas funcionalizadas mediante pré-gelatinização ou amidos padrão – na panela de indução. Relativamente às formulações com amidos padrão, estes foram previamente dispersos numa porção de água fria da fórmula, utilizando uma varinha mágica. Posteriormente, adicinaram-se os concentrados de puré, também eles previamente homogeneizados. Seguiu-se a introdução do açúcar, a restante água da fórmula, o sorbato de potássio (E220), o fosfato tricálcico - E341 (III) - e o polifosfato de sódio - E452 (I). Os ingredientes supra referidos foram adicionados a frio, agitando continuamente a mistura com uma espátula.

Posteriormente, iniciou-se o aquecimento na placa de indução e o ácido cítrico monohidratado (E330) foi introduzido quando a mistura se aproximou dos 60°C. O aquecimento prosseguiu até se estabelecer a temperatura de pasteurização, 95°C, e o *holding* de 5 minutos. Concluída a pasteurização, introduziram-se de imediato os corantes e aroma, homogeizando novamente todo o preparado. Finalmente, procedeu-se à compensação da água perdida durante o aquecimento.

4.5.3. Caracterização dos preparados de fruta

Nesta etapa, procedeu-se à determinação dos parâmetros físico-químicos dos preparados – resistência ao escoamento, viscosidade, teor em sólidos solúveis e pH. As medições foram realizadas em triplicado, à temperatura ambiente.

4.5.3.1. Resistência ao escoamento

A resistência ao escoamento foi determinada utilizando o consistómetro de *Bostwick*, através do qual se obtém a distância que as amostras percorrem, por unidade de tempo – cm/60s. As medições realizaram-se inserindo cerca de 100 g de cada preparado no primeiro compartimento do consistómetro - Figura 18 (A-1). Depois de soltar o “gatilho” que faz levantar a barreira móvel, determinou-se a distância, em centímetros, que cada preparado percorreu após 60 segundos. As medições foram realizadas em triplicado, à temperatura ambiente.

4.5.3.2. Viscosidade, Teor em Sólidos Solúveis e pH

As determinações de viscosidade, teor em sólidos solúveis e pH realizaram-se tal como descrito anteriormente – ponto 4.3.

4.5.3.3. Teste de envelhecimento/estabilidade dos preparados

A análise da estabilidade dos preparados de fruta realizou-se através de um ensaio simples, no qual se avaliou a formação de sinerese ao longo do tempo. Os preparados foram colocados em copos graduados e armazenados a 25°C (envelhecimento acelerado) e a 4°C. O comportamento dos mesmos foi analisado e registado 25 dias após o início do ensaio.

4.5.3.4. Análise sensorial

Os preparados de fruta desenvolvidos com farinhas funcionalizadas mediante a tecnologia de pré-gelatinização, foram avaliados sensorialmente. A análise sensorial constou na prova de iogurtes onde se incorporou 20% dos respetivos preparados. Realizaram-se dois tipos de ensaios sensoriais – 1) definição do perfil de textura de iogurtes e 2) testes de preferência. Com o primeiro, pretendia-se que o painel de provadores classificasse - numa escala numérica – uma série de atributos relativos à textura dos iogurtes. No segundo, pretendia-se analisar a preferência dos provadores entre preparados com amido nativo de arroz ou farinha de arroz com amido pré-gelatinizado.

No total, testaram-se 12 preparados diferentes – 6 de morango e 6 de pêssigo, sendo cada conjunto composto por 4 preparados com farinhas funcionalizadas (farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha) e 2 preparados padrão (com amido modificado de milho (E1422) ou amido nativo de arroz).

Para a elaboração dos ensaios, procedeu-se à formação e treino de um painel de provadores, à preparação dos iogurtes e à organização das provas.

4.5.3.4.1. Formação do painel de provadores

Dada a inexistência de um painel de provadores treinado para análise do perfil de textura em iogurtes na Frulact, procedeu-se à formação do mesmo, reunindo um grupo de 20 elementos. Para o efeito, realizaram-se sessões de formação, dividindo o painel em grupos de 5 a 6 pessoas.

As sessões de formação foram organizadas em duas componentes: uma teórica e outra prática. Na primeira, foi dado a conhecer e explicar o conjunto de descritores a ser

avaliado – refletividade, sinerese, granularidade, coesividade, gomosidade, adesividade, cremosidade e viscosidade/corpo – anexo C. Na segunda, os provadores tiveram oportunidade de avaliar amostras contrastantes – recolhidas no mercado - representativas dos extremos de cada descritor.

4.5.3.4.2. Preparação de amostras para prova

Os iogurtes submetidos a avaliação sensorial resultaram da incorporação de 20% dos preparados de fruta realizados, em iogurte natural previamente batido, com 8% de açúcar. Posteriormente, os iogurtes foram reservados a 4°C. Os iogurtes foram devidamente codificados com códigos de 3 dígitos.

A incorporação dos preparados em iogurte realizou-se entre 24h a 48h após a sua preparação. As provas foram realizadas 48h após a incorporação dos preparados em iogurte. Em ambos os casos, os iogurtes e respetivos preparados desenvolvidos foram reservados a 4°C.

4.5.3.4.3. Provas

As provas foram realizadas em várias sessões, dividindo o painel em grupos de 5 a 6 provadores. Durante as mesmas, procedeu-se à avaliação de 5 tipos de iogurtes: um deles continha o preparado de fruta com amido modificado de milho (E1422) e os restantes continham preparados de fruta com aplicação das farinhas com amido funcionalizado.

A avaliação dos 5 iogurtes realizou-se através do preenchimento de uma ficha de prova Nesta, a intensidade de cada descritor foi avaliada posicionando os códigos das amostras numa reta de 15 cm – anexo D. Pretendia-se assim que os provadores avaliassem comparativamente as 5 amostras, relativamente a cada um dos descritores analisados.

4.5.3.4.4. Teste de preferência

Neste teste, foram dados a provar a um universo de 20 pessoas, iogurtes com preparados de morango e pêssago, contendo amido nativo de arroz ou farinha de arroz com amido funcionalizado mediante a tecnologia de pré-gelatinização estudada. Os iogurtes foram preparados tal como descrito no ponto 4.5.3.4.2. Os provadores selecionaram o iogurte

preferido, relativamente às suas características de textura, abstraindo-se da cor e sabor dos mesmos.

4.6. Análise estatística

Os ensaios de caracterização das amostras, de hidrólise enzimática e de otimização das condições de pré-gelatinização foram realizados em triplicado. Na caracterização dos novos preparados de fruta desenvolvidos, realizaram-se medições em triplicado. Os dados apresentados são a média \pm desvio-padrão.

No ensaio de análise sensorial, executaram-se os seguintes passos de análise estatística:

- 1) Testou-se a normalidade de dados para cada uma das variáveis (refletividade, sinerese, granularidade, coesividade, gomosidade, adesividade, cremosidade e corpo), tanto no preparado de morango como no de pêsego. Como o n (correspondente ao número de provadores) é inferior a 30, optou-se por analisar a normalidade através do teste de hipóteses *Shapiro-Wilks* onde:

H₀: a média amostral tem distribuição normal

H₁: a média amostral não tem distribuição normal

A hipótese nula foi rejeitada para valores de *p-value* inferiores a 0,05, sendo que se obtêm diferenças significativas quando $0,01 \leq p\text{-value} < 0,05$ (95% de confiança) e diferenças muito significativas quando *value* $< 0,01$ (99% de confiança).

- 2) Como não se obteve normalidade em todas as variáveis, procedeu-se à comparação de grupos através do teste *Kruskal-Wallis*, também designado por ANOVA não paramétrica, com as seguintes hipóteses:

H₀: a média do padrão é igual à média das variáveis analisadas em cada grupo de matérias-primas (farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha)

H₁: existe pelo menos um grupo cuja média é diferente da média do padrão.

A hipótese nula foi rejeitada para valores de *p-value* inferiores a 0,05, tal como descrito anteriormente.

3) Nos casos onde o teste de *Kruskal-Wallis* se mostrou significativo, e na impossibilidade de se aplicar comparações múltiplas (devido à falha de normalidade), procedeu-se à comparação das médias de todos os grupos contra o padrão, utilizando o teste de *Mann-Whitney*. O teste é também designado por teste *t* de amostras independentes não paramétrico e apresenta as seguintes hipóteses:

H₀: a média do padrao é igual às médias dos n grupos analisados

H₁: a média do padrao é diferente das médias dos n grupos analisados

A hipótese nula foi rejeitada para valores de *p-value* inferiores a 0,05, tal como descrito anteriormente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização das amostras diluídas

Com a etapa de caracterização das matérias-primas, transformando-as em purés de concentração conhecida, pretendia-se traçar o perfil de viscosidade, pH e TSS das mesmas. Com esta etapa, foi possível determinar quais das matérias-primas com maior poder espessante e cujas características físico-químicas se aproximam das que tipicamente caracterizam um preparado de fruta.

5.1.1. Viscosidade

A viscosidade foi o parâmetro selecionado para avaliar a capacidade espessante das matérias-primas estudadas, quando submetidas aos tratamentos térmicos referidos. Segundo Xie et al (2009), as medições de viscosidade descrevem a espessura e rigidez de um produto.[44]

Com a aplicação dos tratamentos térmicos referidos, a maioria das amostras apresentou uma textura gelificada. O comportamento observado deveu-se à gelatinização do amido, isto é, à dilatação dos grânulos de amido presentes nas amostras, quando estas foram submetidas a aquecimento térmico. Ou seja, durante o aquecimento, terá ocorrido quebra das ligações de hidrogénio na região cristalina dos grânulos, provocando a entrada de água e a consequente dilatação dos mesmos. Macroscopicamente, este comportamento traduziu-se no aumento da viscosidade das soluções e numa textura semelhante à de um gel.[14]

Do conjunto de matérias-primas frescas analisadas, a amostra comercial de puré de batata-doce foi a única a oferecer resistência à gelificação. Isto é, apesar de se ter verificado um aumento da viscosidade com o acréscimo da quantidade de batata-doce presente nas diluições - Figura 23 - não se formou um gel como resultado do tratamento térmico aplicado - Figura 24 (C). Este comportamento pode estar relacionado com a atividade das enzimas intrínsecas da batata-doce e com o grau de maturação das mesmas, antes de terem sido convertidas em puré. Segundo Truong et al (2010), a atividade das amilases presentes na batata-doce aumenta especialmente durante os primeiros meses de cura e armazenamento, afetando as operações de processamento e qualidade dos purés.[24] Ou seja, quando as batatas são aquecidas até à temperatura de

gelatinização do amido (60-85°C), a α -amilase hidrolisa rapidamente o amido, convertendo-o em polissacarídeos de menor peso molecular (dextrinas). Os purés resultantes são por isso mais doces e apresentam menor teor em amido. Conseqüentemente, não apresentam a mesma capacidade espessante do que purés preparados com batata-doce acabada de colher, isto é, num estado prematuro do seu amadurecimento.[24] Embora não estejam indicadas na ficha técnica do puré utilizado, as condições de maturação das batatas-doce com que o mesmo foi produzido, o grau de maturação das mesmas e a atividade enzimática intrínseca poderá ter estado na origem da resistência à gelificação observada.

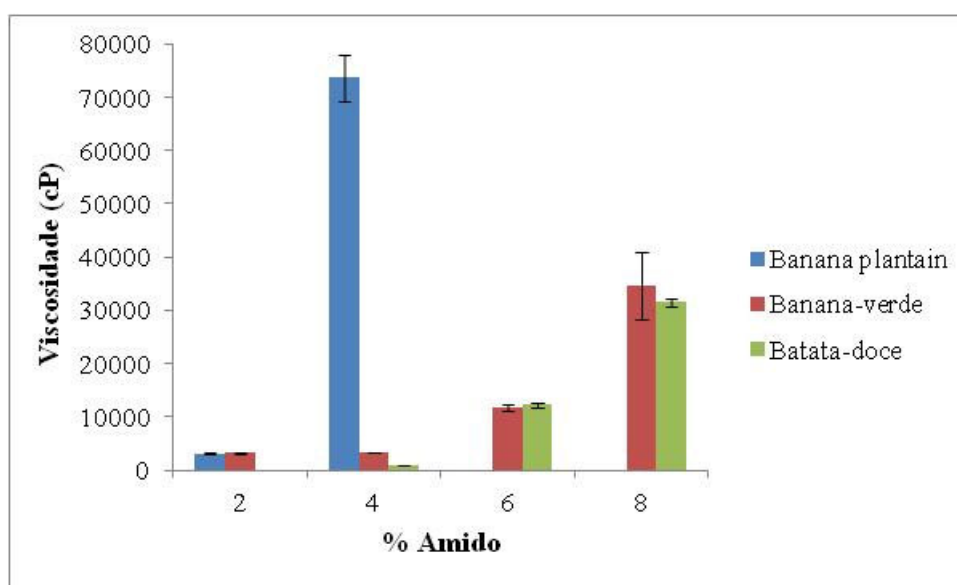


Figura 23 - Variação da viscosidade em função da % de amido em amostras frescas, diluídas. Análise realizada após pasteurização, à temperatura ambiente. Ensaio realizado em triplicado.

Analisando a figura 23, verifica-se que a banana *plantain* é a matéria-prima fresca que adquire maior viscosidade em purés com o mesmo teor de amido - 4% - seguida pela banana-verde e pela batata-doce. A ausência de valores de viscosidade no gráfico para a amostra diluída de batata-doce (2% amido) e para as amostras de banana *plantain* (6 e 8% de amido) deve-se à obtenção de resultados de viscosidade fora dos limites de detecção do viscosímetro *Brookfield*.

Num estudo realizado por Adewole et al (2012), procedeu-se à comparação do comportamento de amidos extraídos de banana *plantain* (*Balbisiana Hybrids*) e de

banana *Musa acuminata* - botanicamente diferente da banana *plantain* -, quando submetidos a tratamento térmico.[45][46] Segundo os autores, o pico de viscosidade é uma medida da capacidade do amido para formar uma pasta viscosa, quando submetido a aquecimento térmico. No respetivo estudo, o pico máximo de viscosidade atingido pela pasta de amido de banana *plantain* foi superior ao da pasta de banana *Musa acuminata*, tendo ocorrido a 94,50°C e a 94,55°C, respetivamente. Apesar de as diferenças de temperatura serem mínimas, os resultados indicam que é necessária menor energia térmica para se obterem pastas com viscosidade superiores no caso do amido de banana *plantain*, do que com amido de banana *Musa acuminata*. O mesmo poderá ter acontecido na experiência desenvolvida no presente projeto. Isto é, o tratamento térmico ao qual o puré de banana-verde foi submetido (pasteurização a 95°C, durante 5 minutos) poderá não ter sido suficiente para gelatinizar todo o amido presente, conferindo viscosidade inferior, quando comparada com o puré de banana *plantain*.

O elevado teor em amilose nos grânulos de banana verde também poderá ter contribuído para a baixa viscosidade dos respetivos purés obtidos já que, de acordo com Fredriksson H (1998), a amilose atua como inibidora da dilatação dos grânulos durante a gelatinização, produzindo geis menos viscosos.[36]

Verificou-se ainda, que desde o momento em que foi tratado a 95°C, durante 5 minutos, até arrefecer até à temperatura ambiente, o puré de banana *plantain* foi adquirindo um aspeto continuamente mais espesso. O efeito foi confirmado através da medição da viscosidade do puré (com 4% de amido) imediatamente após tratamento térmico (15600 cp) e após arrefecimento até à temperatura ambiente (73733 cp) – este último, representado pela coluna azul (4% de amido), indicada na figura 23. Este efeito demonstra que, durante o arrefecimento, poderá ter ocorrido reassociação entre as moléculas de amido, resultando na formação de um gel (fenómeno de retrogradação).[14] Por esse motivo, a avaliação final da viscosidade, medida à temperatura ambiente, é um parâmetro importante na previsão da qualidade textural de um produto final, como é o caso dos preparados de fruta.

O facto de o presente estudo incidir sobre a gelatinização do amido nas próprias matérias-primas naturais (bananas e batata-doce) e não diretamente no amido destas - extraído e purificado - poderá fazer com que as condições de gelatinização observadas difiram das que se encontram descritas na literatura, para amidos purificados – tabela 7.

O teor em fibras e outros tipos de compostos estruturais, naturalmente presentes na fruta, poderão contribuir, por exemplo, para um aumento da energia necessária para atingir os grânulos de amido nos seus locais de armazenamento e, conseqüentemente, gelatiniza-los.

Tabela 7 - Temperatura de gelatinização, proporção amilose/amilopectina e diâmetro dos grânulos de amidos nativo, extraído de fontes naturais. Dados recolhidos na literatura.

Amidos nativos de:	Temperatura de gelatinização (°C)	Proporção amilose/amilopectina	Diâmetro dos grânulos de amido
Banana <i>plantain</i> [47]	65-74	26/74	24,30 µm
Banana-verde [19]	68,6 ± 0,2	41/59	10 mm
Batata-doce [48]	60-85	24,4/75,6	28 µm
Arroz [19]	70,3 (normal) 56,9 (ceroso)	5-28,4% amilose (normal) 0-2,0% amilose (ceroso)	1-7 µm
Amaranto [19][49]	69,1-80,1	10/90	1-2 µm
Castanha [50][19]	58,7	21,50/78,80	2,9-21,4 µm

Apesar de apresentarem benefícios para a indústria alimentar, devido ao elevado teor em amido, as bananas verde e *plantain* são difíceis de obter industrialmente, sob a forma de puré. As dificuldades técnicas devem-se aos processos de descasque e transformação em puré, causadas pela elevada dureza das cascas e do próprio fruto. Para contornar este problema, as bananas têm que ser cozidas antes de qualquer processamento térmico. Por esse motivo, ainda não foi possível produzir industrialmente puré de banana verde ou *plantain* com o mesmo custo de produção que os purés de banana maduras [23].

No entanto, têm-se desenvolvido estudos de investigação relativos à casca de banana, nomeadamente à sua utilização para produção de farinha de casca de banana, que representa 40% do peso total da mesma. O potencial de aplicação das cascas de banana

depende da sua composição química e das suas propriedades funcionais e físico-químicas.[51]



Figura 24- Purés de matérias-primas frescas, com 4% de amido, após pasteurização: A e B - banana *plantain* e banana-verde (aspecto gelificado); C - batata-doce (aspecto não gelificado).

Relativamente às matérias-primas secas (farinhas *standard*), a introdução da etapa de pré-aquecimento revelou-se crucial para que as amostras diluídas adquirissem um perfil de textura uniforme, no qual fosse possível realizar medições de viscosidade. Os resultados obtidos na figura 25 demonstram que os purés obtidos adquirem viscosidades menores, quando comparadas com as matérias-primas frescas. No entanto, a sua aquisição e manipulação tecnológica apresentam menos dificuldades do que no caso dos frutos frescos, existindo no mercado várias empresas fornecedoras de farinhas de fontes naturais, ricas em amido, como a *Kanegrade* ou a *Kampffmeyer*.

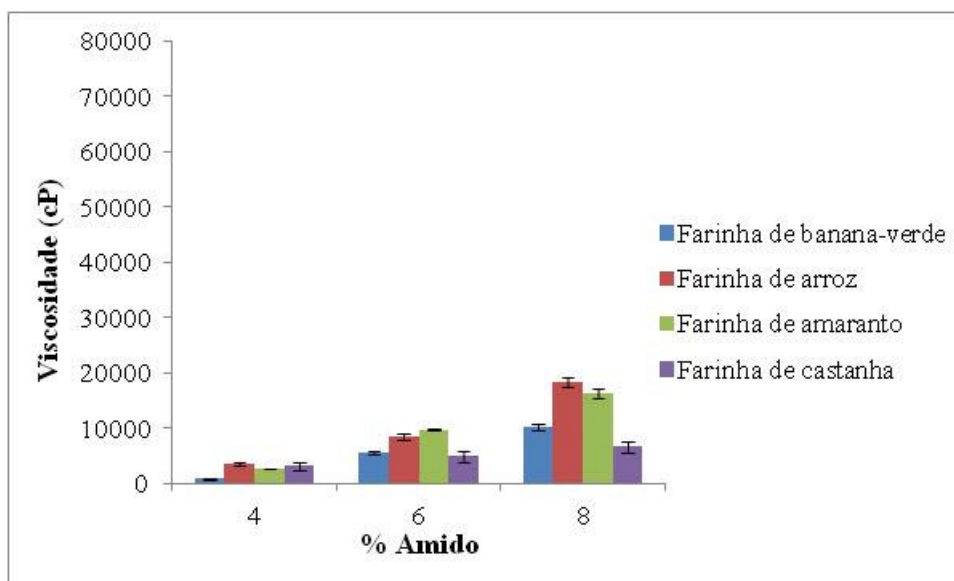


Figura 25 - Variação da viscosidade em função da % de amido em amostras secas diluídas. Análise realizada após pré-aquecimento e pasteurização, à temperatura ambiente. Ensaio realizado em triplicado.

De um modo geral, verifica-se que as farinhas de arroz e de amaranto são as que conferem viscosidades superiores aos purés desenvolvidos. De acordo com os dados bibliográficos recolhidos – tabela 7 – o amido nativo de amaranto é um dos que apresenta menor teor em amilose. Consequentemente, durante o processo de gelatinização, o número de ligações de hidrogénio formadas entre a água e a amilopectina (no interior do grânulo) é maior, provocando a dilatação dos grânulos e o consequente aumento de viscosidade.

Como verificado na literatura, existem diferentes tipos de amido nativo de arroz, cuja capacidade espessante varia com a proporção amilose/amilopectina. As matérias-primas secas utilizadas neste projeto tratam-se de farinhas *standard*, cujas proporções em amilose/amilopectina dos respetivos grânulos de amido são desconhecidas. No entanto, a elevada viscosidade observada nos purés de farinha de arroz poderá ser indicativa de que o amido nela presente seja ceroso, tal como no caso da farinha de amaranto.

Por outro lado, a % de farinha usada na preparação dos dois purés poderá também ter promovido o aumento da viscosidade dos mesmos – tabela 5. Isto é, como as farinhas de arroz e amaranto são as que apresentam menor teor em amido, são necessárias maiores % de farinha, comparativamente à preparação dos purés das restantes matérias-primas

secas. Consequentemente, o aumento do teor de fibra e a redução da água presente poderão ter contribuído para o aumento da viscosidade do puré.

5.1.2. Efeito da temperatura nos grânulos de amido (análise microscópica)

Para complementar a caracterização das matérias-primas, procedeu-se à análise microscópica dos respectivos grânulos de amido, antes e depois de submetidos a tratamento térmico. A dimensão e forma dos grânulos de amido, bem como a temperatura à qual ocorre gelatinização, variam de acordo com a sua fonte vegetal.[14] As figuras 26 e 27 são demonstrativas dessas diferenças.

Relativamente às matérias-primas frescas – figura 26 – verifica-se que os grânulos de amido da banana-verde (A) são os de maior dimensão, seguidos pelos da banana *plantain* (C) e batata-doce (E). Em (A), verifica-se que os grânulos de amido de banana-verde apresentam formas oval-elipsoidal, com tamanhos irregulares. As observações encontram-se em concordância com Izidoro, D. R. et al, 2007, segundo o qual, a dimensão média dos grânulos de amido nativo de banana-verde é de 10 μm . [52] Tal como descrito na literatura, os grânulos de amido da banana *plantain* revelaram dimensões inferiores (24,30 μm) às da banana-verde, com forma oval alongada.[33][53][54].

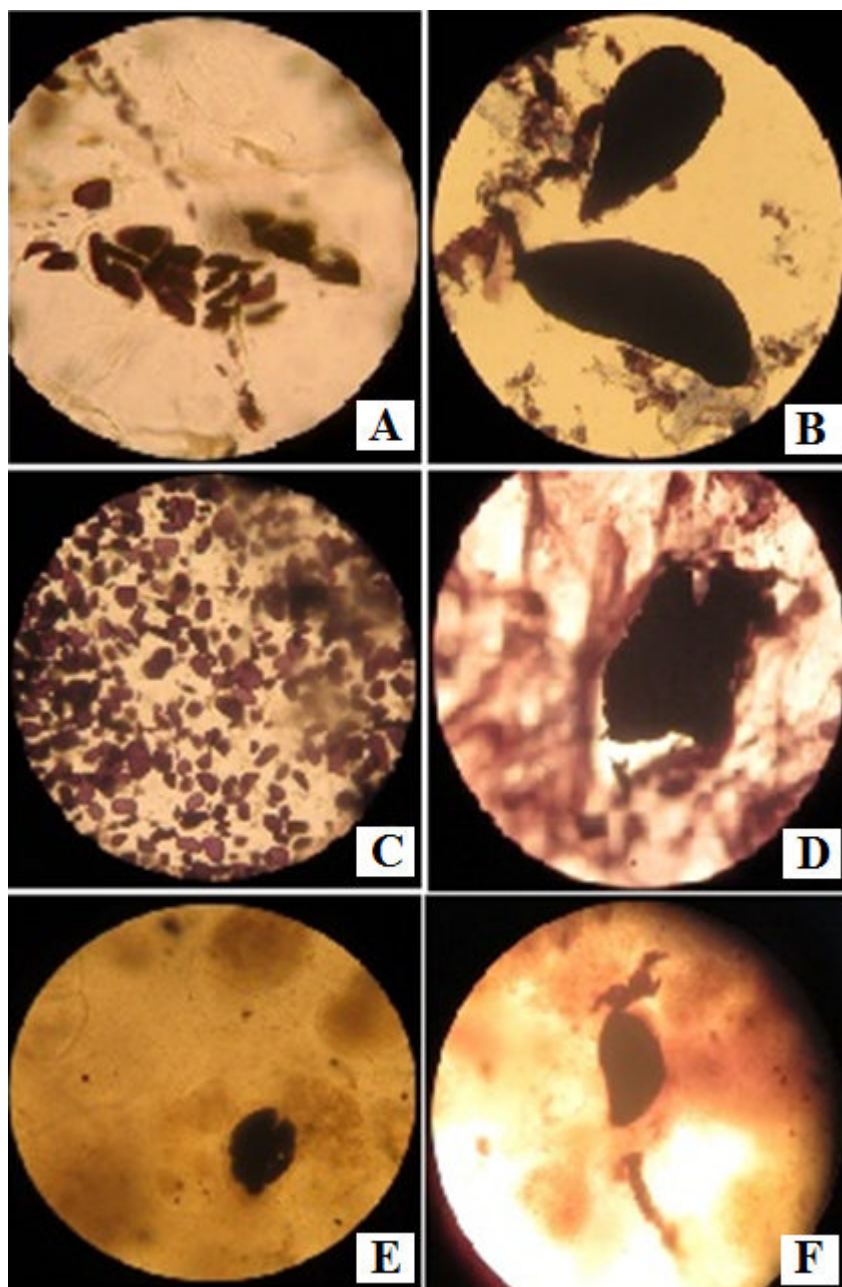


Figura 26 - Grânulos de amido nas matérias-primas frescas, corados com o método de iodo: A, C e E – banana-verde, banana plantain e batata-doce, respectivamente, sem tratamento térmico; B, D F - banana-verde, banana plantain e batata-doce, respectivamente, após pré-aquecimento até 75°C. Ampliado 40x.

Depois da aplicação do tratamento térmico – pré-aquecimento até 75°C - verificou-se o aumento significativo da dimensão dos grânulos da banana-verde (B) e da banana *plantain* (D), provocado pela entrada de água nos mesmos, durante o processo de gelatinização. Em ambos os casos observou-se a existência de material corado, com forma irregular, em torno dos grânulos de amido. O efeito observado aparenta ser o

resultado da migração parcial do conteúdo dos grânulos (amilose) para o meio aquoso. Relativamente à batata-doce, (F), o aumento de diâmetro e desintegração dos grânulos não parecem tão evidentes, o que se encontra em concordância com os resultados discutidos anteriormente.

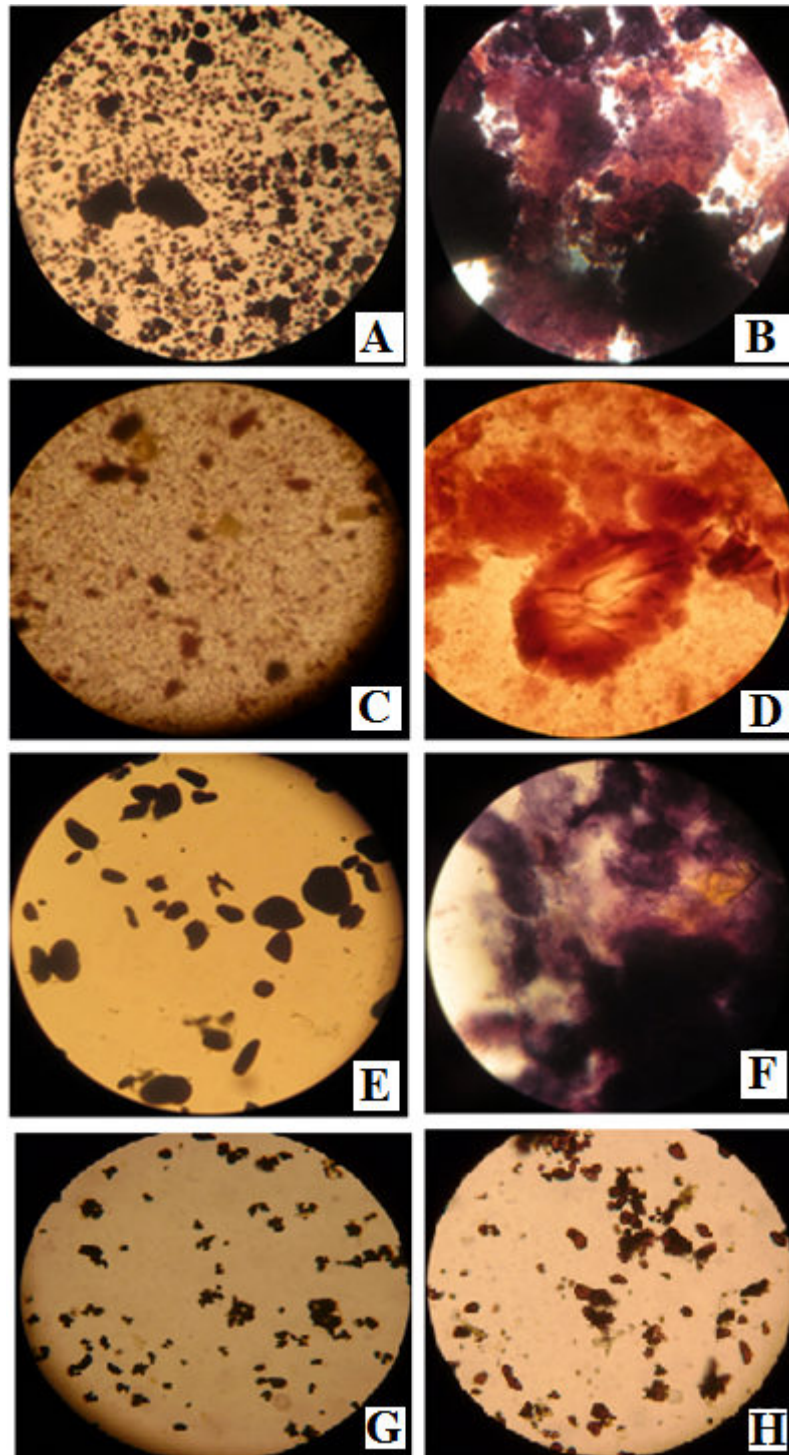


Figura 27 - Grânulos de amido das farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha, corados com o método de iodo: A, C, E e G - sem tratamento térmico; B, D, F e H – após pré-aquecimento até 75°C.

Verificou-se que o efeito da temperatura nos grânulos de amido é mas evidente no caso das matérias-primas secas – Figura 27. O pré-tratamento até 75°C parece ter provocado a disrupção total dos grânulos de amido das farinhas de arroz (B), amaranto (D) e

banana-verde (F). Os grânulos de amido da farinha castanha (H) foram os únicos a oferecer resistência ao tratamento térmico aplicado. A observação encontra-se de acordo com os resultados obtidos nas determinações da viscosidade uma vez que a farinha de castanha foi a que conferiu menos viscosidade aos purés obtidos. Uma vez que a castanha é rica em lípidos e proteínas, tal como descreve Demiate et al (2001), o comportamento observado poderá estar relacionado com a inibição da gelatinização do amido, provocada pela presença destes compostos. Os mesmos competem com o amido pela água disponível em solução, provocando o aumento da temperatura de gelatinização.[18]

Com o método de coloração com iodo, verificaram-se diferenças nas cores obtida pelos grânulos, sobretudo nos casos das farinhas de banana-verde e arroz. Segundo Thomas, D. J. et al (1999), a coloração dos grânulos de amido varia com o grau de interação do iodo com as cadeias helicoidais de amilose e, conseqüentemente, com o teor de amilose presente: apresentam-se azulados quando possuem elevados valores de amilose ou avermelhados quando possuem baixos valores de amilose.[14] Os resultados de B (grânulos roxo/azulados) e D (grânulos vermelho/acastanhados) encontram-se de acordo com o esperado uma vez que correspondem aos grânulos de banana-verde (41% de amilose) e arroz (0-2,0% de amilose), respetivamente.

Adicionalmente, avaliou-se o aspeto dos grânulos de amidos nativos de tapioca e de milho ceroso. Segundo Jeffcoat, Roger (2003), o amido nativo de tapioca apresenta cerca de 20 a 23% de amilose, enquanto que o amido de milho ceroso é praticamente livre de amilose (100% amilopectina).[55][20] Na figura 28 são evidentes as diferenças observadas na coloração dos dois tipos de amidos, causadas pela diferença de teor em amilose. Aquando da gelatinização dos grânulos de amido de milho ceroso (B) e de amido de tapioca (D), a coloração torna-se mais notória devido à maior disponibilidade das cadeias de amilose para interagirem com o iodo.[14]

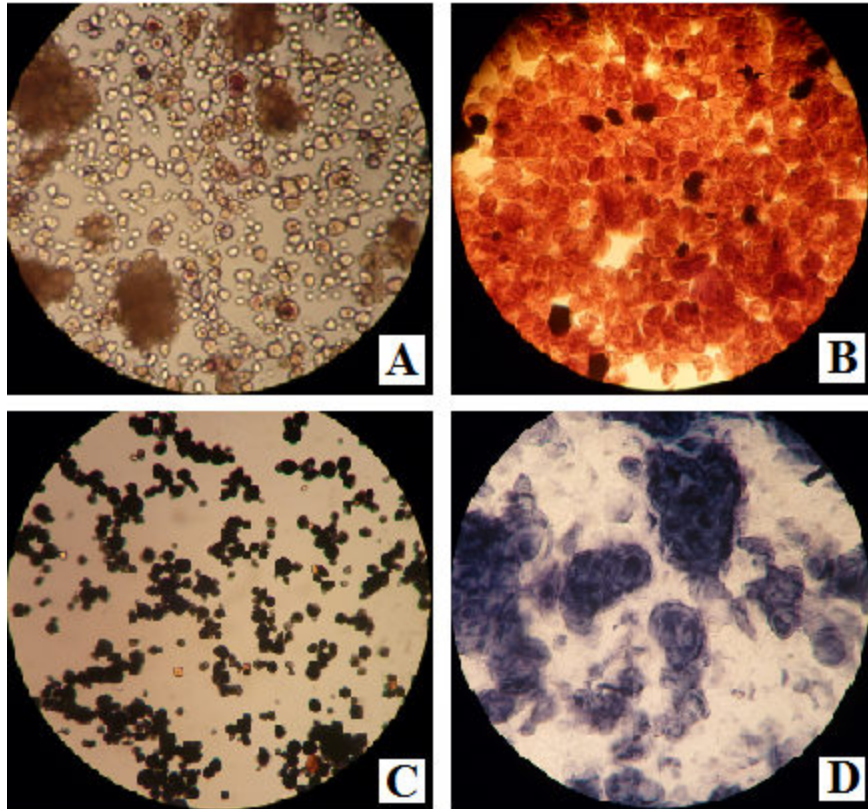


Figura 28 – Grânulos de amido nativo (extraído e purificado) de milho ceroso (A e B) e de tapioca (C e D): A e C – sem tratamento térmico; B e D após pré-aquecimento até 75°C.

5.1.3. pH e Teor em Sólidos Solúveis

Para a análise dos valores de pH e de teor em sólidos solúveis das diferentes matérias-primas estudadas, selecionaram-se as amostras diluídas com 4% de amido. Os resultados obtidos, determinados à temperatura ambiente, encontram-se representados na tabela 8.

Tabela 8 - Variação do pH e de TSS de amostras diluídas com 4% de amido, em função das diferentes matérias-primas analisadas. Análise realizada à temperatura ambiente, após tratamento térmico: pasteurização - no caso das amostras frescas - e pré-aquecimento, seguido de pasteurização – no caso das amostras secas. Ensaio realizado em triplicado.

Matérias-primas	pH	TSS (°Bx)
Banana <i>plantain</i>	4,80 ± 0,02	6,4 ± 0,3
Banana-verde	4,80 ± 0,02	6,4 ± 0,1
Batata-doce	5,85 ± 0,02	7,1 ± 0,4
Farinha de banana-verde	6,67 ± 0,04	2,0 ± 0,1
Farinha de arroz	6,99 ± 0,02	2,1 ± 0,3
Farinha de amaranto	6,74 ± 0,08	4,9 ± 0,2
Farinha de castanha	6,50 ± 0,02	5,3 ± 1,8

Verificou-se que as amostras de banana-verde e de banana *plantain* apresentam menores valores de pH, contrariamente ao que acontece no caso das amostras secas. Estes resultados poderão estar relacionados com o grau de maturação das matérias-primas e com a % de água utilizada na diluição das amostras. A banana-verde e a banana *plantain* foram estudadas num estado bastante prematuro da sua maturação. Pretendia-se com isso, que as respetivas frutas tivessem um elevado teor em amido, já que este sofre hidrólise à medida que a fruta amadurece. O estado prematuro das frutas é também caracterizado por baixos valores de pH, resultantes do elevado teor em ácidos orgânicos.

A razão pela qual a batata-doce apresenta um valor de pH superior relativamente às restantes matérias-primas frescas, poderá estar relacionada com o seu estado de maturação mais avançado, tal como discutido anteriormente. No entanto, como o teor de amido na batata-doce é menor, a subida de pH poderá também estar relacionada com a % de água utilizada na sua diluição. A justificação é válida para o caso das amostras secas, cujo componente presente em maior quantidade é a água (cujo pH neutro é 7), provocando a subida de pH.

Enquadrando esta análise de pH nos conceitos de *Naturalidade* ou *Fruitonly*, verifica-se que as amostras de banana-verde e banana *plantain* são opções adequadas, uma vez que os respetivos valores de pH aproximam-se do valor típico de um preparado de fruta –

aproximadamente 4. Ou seja, a integração destes purés num preparado não implicaria a adição, em quantidades significativas, de reguladores de acidez.

O teor em sólidos solúveis é também uma característica de interesse na naturalidade de um preparado de fruta, uma vez que a presença natural de açúcar no mesmo, implica uma menor % de açúcares aditivados nas formulações. Do conjunto de amostras frescas e secas, a batata-doce e a farinha de castanha são as que apresentam maior teor em açúcar, respetivamente. Uma vez mais, os resultados relacionam-se com o grau de maturação das respetivas matérias-primas, sendo superior nestes dois casos.

5.2. Técnicas de funcionalização

Nesta etapa do trabalho, procedeu-se à seleção de técnicas capazes de modificar funcionalmente a capacidade espessante de purés de matérias-primas ricas em amido, fazendo-a diminuir ou aumentar. Para o primeiro caso, analisou-se a capacidade digestiva de uma α -amilase, quando introduzida em purés de banana *plantain*; no segundo, estudou-se a adaptação do processo de pré-gelatinização em purés de matérias-primas secas.

5.2.1. Hidrólise enzimática (banana *plantain*)

O efeito da hidrólise enzimática dos grânulos de amido foi analisado num puré de banana *plantain*, com 4 % de amido. Esta foi a matéria-prima selecionada por apresentar valores elevados de viscosidade quando submetida a tratamento térmico (95°C durante 5 minutos) - Figura 23 - podendo assim o efeito da hidrólise revelar-se mais notório.

A digestão enzimática dos grânulos de amido revelou-se mais efetiva na reação estabelecida com 0,03% de α -amilase (Clarase L), durante 15 minutos. Tal como se verifica na figura 29, a viscosidade do puré na presença da enzima diminui drasticamente relativamente ao puré padrão (com 0% de Clarase L), confirmando a ocorrência de hidrólise do amido em polissacarídeos de menores dimensões (dextrinas).

Através da monitorização microscópica realizada durante o ensaio – Figura 30 – pôde-se observar o efeito da ação enzimática, com 0,03% de α -amilase, nos grânulos de amido. Em ambos os casos, o registo realizou-se após pasteurização, à temperatura ambiente. Os resultados observados encontram-se de acordo com o descrito anteriormente,

verificando-se um decréscimo acentuado da dimensão dos grânulos no puré submetido a 0,03% de α -amilase (B), relativamente aos grânulos do puré padrão (A).

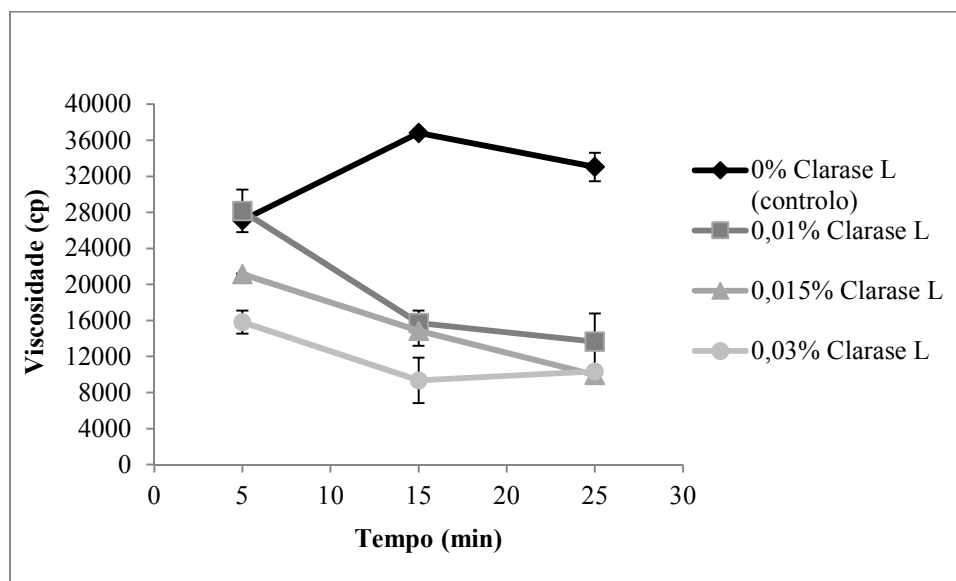


Figura 29 - Variação da viscosidade do puré de banana *plantain* (4% de amido) em função do tempo de reação enzimática - 5, 15 e 25 minutos a 50°C – e % de α -amilase - 0, 0,01, 0,015 e 0,03%. Medições realizadas à temperatura ambiente, após pasteurização. Ensaio realizado em triplicado.

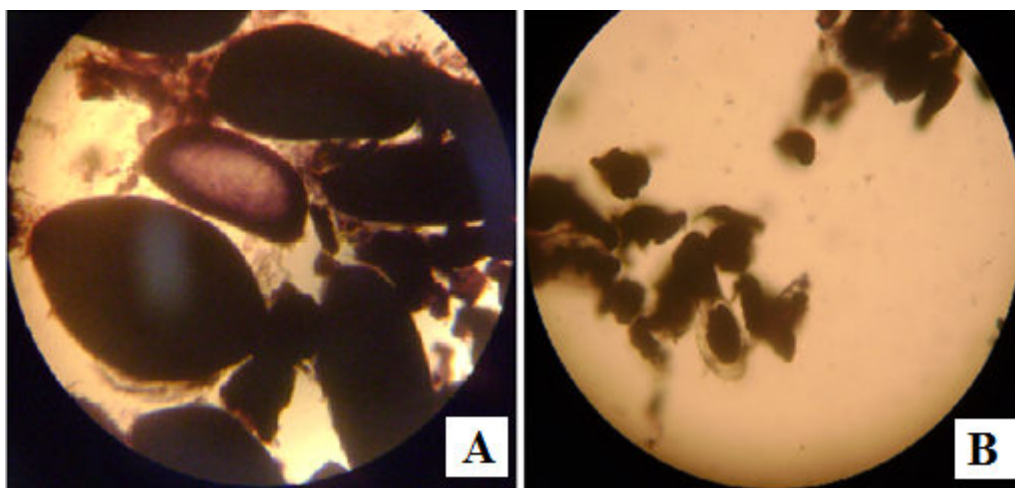


Figura 30 - Grânulos de amido de banana *plantain* após hidrólise enzimática (50°C, 15 minutos) e pasteurização: A – puré padrão, com 0% α -amilase; B – puré com 0,03% de α -amilase. Ampliado 40x.

Os resultados obtidos demonstram que a tecnologia enzimática pode ser aplicada diretamente em matrizes complexas, tal como é o caso da banana *plantain*. A aplicação

desta metodologia poderá revelar-se útil no desenvolvimento de preparados de fruta que possuam na sua formulação ingredientes com elevado teor em amido. Um exemplo disso, seria o desenvolvimento de um preparado de banana *Fruitonly*, no qual o respetivo fruto seria simultaneamente responsável pelas características de sabor e de textura.

Segundo Alkarkhi et al (2011), a banana é um fruto com elevado potencial espessante, graças ao seu teor em amido e fibra [51]. Desta forma, a funcionalização enzimática da banana com uma α -amilase poderá ser uma alternativa "limpa" à redução da % do fruto na formulação do preparado. Assim sendo, torna-se possível a manipulação da textura do preparado e a preservação do sabor e % de fruta desejados.

No mesmo contexto *Fruitonly*, a tecnologia descrita poderá também revelar-se útil para o desenvolvimento de açúcares naturais, resultantes da desramificação das moléculas de amido das matérias-primas naturais.

5.2.2. Pré-gelatinização (amostras secas)

A pré-gelatinização foi o método selecionado para a funcionalização de matérias-primas secas. Neste ensaio, avaliou-se o efeito do trinómio - proporção farinha/água, temperatura e tempo de pré-gelatinização – na viscosidade dos purés funcionalizados com este método. As condições consideradas ideias foram aplicadas num ensaio de estabilização de pedaços de fruta e, posteriormente, no desenvolvimento de novos preparados de fruta.

5.2.2.1. Ótimização do processo

Na adaptação do processo de pré-gelatinização em purés de farinhas, procedeu-se ao aquecimento das mesmas num sistema de "banho-maria". Desta forma, pretendia-se que o aquecimento brando reduzisse as perdas de água, e que os grânulos de amido dilatassem de forma controlada, conferindo uma textura homogénea ao puré funcionalizado.

Retomando a análise da figura 25 concluiu-se que os melhores resultados de textura e viscosidade foram obtidos nas amostras diluídas com 8% de amido, em farinhas de castanha, e com 6% de amido nas farinhas de banana-verde, arroz e amaranto. A tabela 9 resume as % de farinha e viscosidade nessas condições.

Tabela 9 - Relação entre % de amido, farinha e viscosidade dos purés de farinhas que adquiriram melhores resultados de textura no *screening* de viscosidade.

Matéria-prima	% de amido	% Farinha	Viscosidade (cp)
Farinha de banana-verde	6	7,3	5504 ± 209
Farinha de arroz	6	9,7	8475 ± 533
Farinha de amaranto	6	12,0	9685 ± 227
Farinha de castanha	8	11,2	6653 ± 1017

Com base nesta seleção, definiram-se as seguintes proporções de farinha/água: 7,5/92,5 para puré de banana-verde, 10/90 para puré de arroz e 12,5/82,5 para purés de amaranto e castanha. Como a proporção de farinha/água é variável, não se pretendia com este ensaio estabelecer comparações diretas entre as diferentes farinhas. Pretendia-se sim, analisar as condições que conferissem melhores características de textura a cada tipo de puré. Os critérios usados para a seleção das condições de tempo e temperatura foram o aspeto e a viscosidade que os purés adquiriram depois de funcionalizados. Selecionaram-se as condições que resultaram em purés com viscosidades próximas das da Tabela 9.

A pré-gelatinização dos purés foi testada a 80 e a 90°C, durante 0, 10 e 15 minutos. Selecionaram-se temperaturas elevadas para garantir a gelatinização dos grânulos de amido e avaliar a resistência térmica dos purés. Simultaneamente, pretendia-se que o binómio tempo e temperatura escolhidos, permitisse a cozedura eficaz dos restantes componentes da farinha, para que os purés funcionalizados não apresentassem textura grânulosa ou enfarinhada.

As viscosidades dos purés foram determinadas imediatamente após pré-gelatinização (a cerca de 80 e 90°C) e após descida das respetivas temperaturas até à temperatura ambiente. Pretendia-se assim fazer uma previsão do comportamento dos purés funcionalizados quando integrados num preparado de fruta, depois de arrefecido.

Nas figuras que se seguem verifica-se que, depois de sujeitos a pré-gelatinização e arrefecidos até à temperatura ambiente, a viscosidade dos purés tende a aumentar. As exceções a esta observação verificam-se nos purés de farinhas de amaranto e castanha – figuras 33 e 34, respetivamente. Este comportamento poderá estar associado ao fenómeno de retrogradação. Isto é, à medida que a temperatura desce, menor é a energia

disponível para que as moléculas de amido solubilizado se mantenham afastadas entre si. Nestas condições, ocorre reassociação das cadeias de amido, formando uma estrutura organizada. Este comportamento traduz-se na formação de géis com textura quebradiça e opaca. Com o decorrer do tempo, pode-se verificar a libertação de água a partir do gel, conhecida por sinerese. Segundo Punched-arnon, S. et al (2013) a retrogradação é mais efetiva em géis de amidos com teores superiores em amilose. Tal acontece uma vez que as cadeias de amilose, por serem lineares, apresentam maior tendência para se reassociarem e estabelecerem ligações de hidrogénio. Consequentemente, ocorre uma maior recuperação da região cristalina dos grânulos de amido, conduzindo à diminuição da viscosidade dos géis.

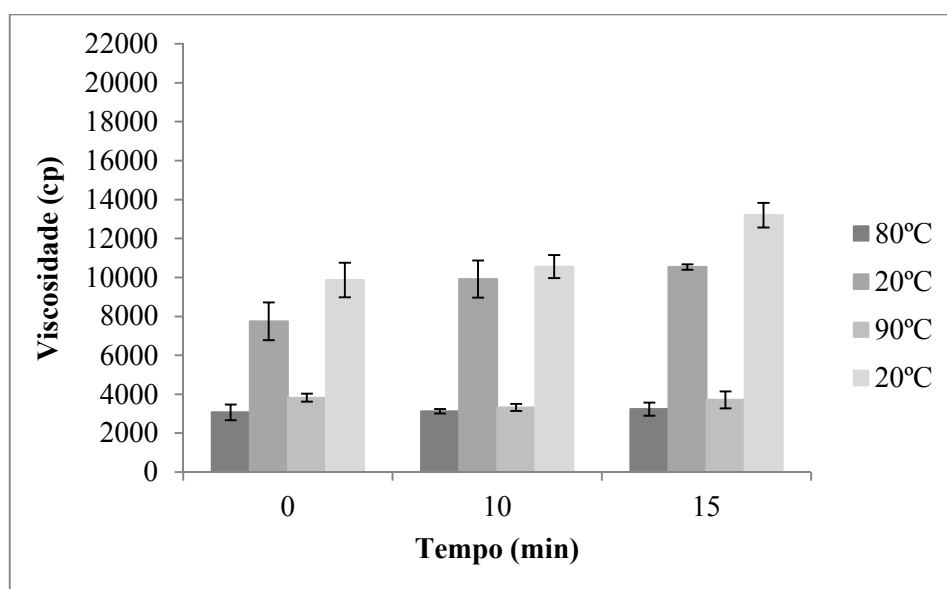


Figura 31 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 7,5% de farinha de banana-verde. Ensaio realizado em triplicado.

O perfil de viscosidade dos purés de banana-verde – figura 31 – revela-se praticamente constante nas condições de tempo e temperatura testadas. Quando a pré-gelatinização é prolongada até aos 15 minutos, obtêm-se valores de viscosidade ligeiramente superiores. Ao realizar o processo a 80°C ou a 90°C, durante 15 minutos, não se verificam diferenças notórias nos valores de viscosidade determinadas imediatamente após a pré-gelatinização. As condições selecionadas para o processo de pré-gelatinização desta farinha foram: 80°C durante 15 minutos. Numa perspetiva de aplicação industrial esta opção demonstra maior interesse uma vez que o gasto energético é inferior.

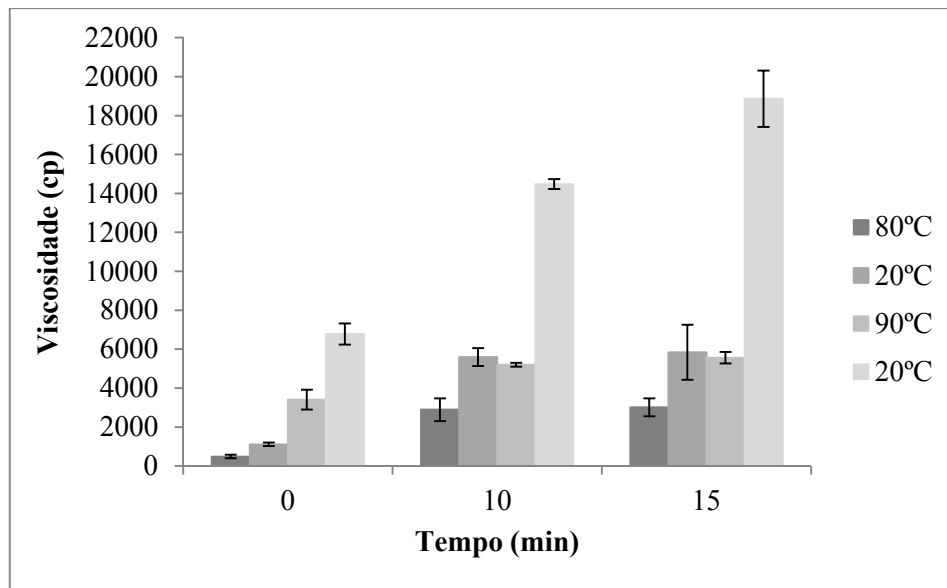


Figura 32 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 10% de farinha de arroz. Ensaio realizado em triplicado.

Relativamente aos purés de farinha de arroz, verificou-se que a 90°C apresentam viscosidades notoriamente superiores, sobretudo após arrefecimento até à temperatura ambiente. Da pré-gelatinização decorrida a 80°C durante 0 minutos resultaram purés com muito baixas viscosidades, traduzindo a ausência de gelatinização do amido. Quando submetidos às condições no extremo oposto (90°C, durante 15 minutos), os purés adquiriram viscosidades cerca de 10 e 15 vezes superiores, após pré-gelatinização e após arrefecimento, respetivamente. No entanto, os purés que resultam destas condições de pré-gelatinização são demasiado viscosos, solidificando após o arrefecimento até à temperatura ambiente. Observado esse efeito, definiu-se que para este tipo de farinha a pré-gelatinização decorrida a 80°C durante 15 minutos seria suficiente para obter um puré funcionalizado com as características desejadas.

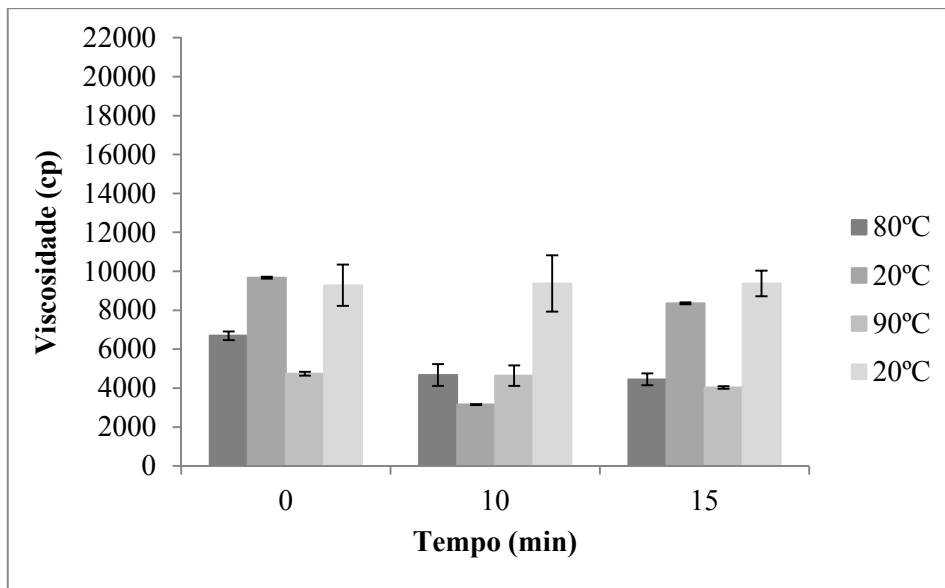


Figura 33 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 12,5% de farinha de amaranto. Ensaio realizado em triplicado.

No caso da farinha de amaranto, verificou-se que quando a pré-gelatinização se realizou a 90°C, obteve-se um perfil de viscosidade constante, independentemente do tempo de pré-gelatinização. Nestas condições, os purés adquiriram viscosidades próximas de 5000 cp após a sua funcionalização, e cerca do dobro quando arrefeceram até à temperatura ambiente. A única exceção é observada no ensaio de pré-gelatinização decorrido a 80°C, durante 10 minutos.

Para este tipo de farinha, estabeleceu-se que a pré-gelatinização decorreria a 90°C, durante 15 minutos. Com o binómio de tempo-temperatura de funcionalização selecionado, pretendia-se uma cozedura mais eficaz da farinha, de forma a minimizar a textura grânulosa que a mesma confere aos purés.

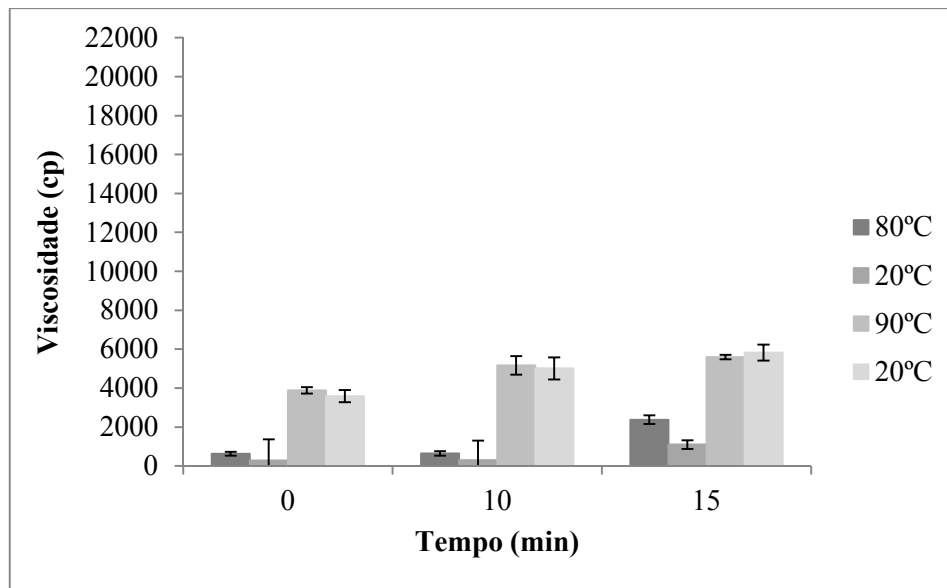


Figura 34 - Influencia do tempo e temperatura de pré-gelatinização na viscosidade de um puré com 12,5% de farinha de castanha. Ensaio realizado em triplicado.

No caso da farinha de castanha – figura 34 – os purés obtidos parecem dividir-se em dois perfis de viscosidade: viscosidades muito baixas - purés pré-gelatinizados a 80°C - e viscosidades próximas de 5000 cp em purés pré-gelatinizados a 90°C. Ou seja, à exceção do ensaio decorrido a 80°C durante 15 minutos, o tempo de pré-gelatinização e o arrefecimento dos purés não parecem influenciar a viscosidade dos mesmos. Contudo, apesar de pouco notória, observou-se uma tendência dos purés para perderem viscosidade durante o arrefecimento. Como este comportamento é indesejado na realização de preparados de fruta, selecionou-se o binómio 90°C durante 15 minutos – condições em que não se verificou quebra na viscosidade, com a descida da temperatura.

A tabela 10 resume a seleção das características de pré-gelatinização os purés de cada matéria-prima analisados

Tabela 10 - Condições de pré-gelatinização selecionadas para cada tipo de farinha.

Matérias-primas	Proporção Farinha/Água	Temperatura (°C)	Tempo (min)
Farinha de banana-verde	7,5/92,5	80	15
Farinha de arroz	10/90	80	15
Farinha de amaranto	12,5/87,5	90	15
Farinha de castanha	12,5/87,5	90	15

5.2.2.2. Ensaio de suspensão de pedaços de morango

Como referido anteriormente, o amido desempenha um papel importante nas características de textura de um preparado de fruta, sendo também usado para efeitos de estabilização e suspensão de pedaços de fruta. Neste projeto, para além do potencial espessante, avaliou-se também a capacidade de suspensão de pedaços de morango IQF, pelos purés de farinhas funcionalizados. A figura 35 traduz o comportamento dos pedaços de morango nas duas situações.

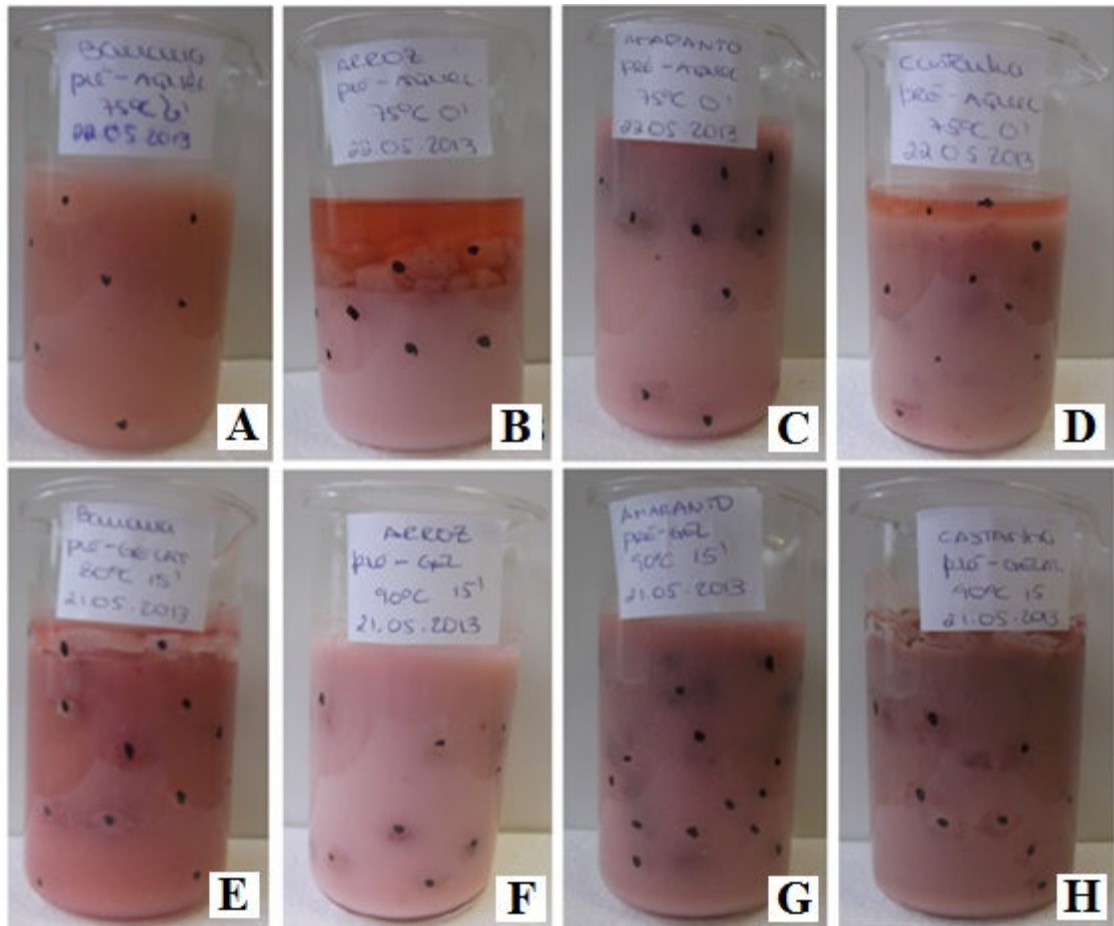


Figura 35 - Ensaio de suspensão de 20% de pedaços de morango IQF em purés (3,5% de amido) de farinhas de banana-verde, arroz, amaranto e castanha. Realizado à temperatura ambiente durante 25 dias: A, B, C e D – submetidas a pré-aquecimento e pasteurização; E, F, G e H – submetidos a pré-gelatinização e pasteurização.

Os resultados demonstram que os purés não sujeitos a pré-gelatinização apresentam-se menos estáveis, nomeadamente nos casos da farinha de arroz e de castanha. Nas duas situações é evidente a formação de sinerese e a destabilização dos pedaços no puré. Quando submetidos a pré-gelatinização, verifica-se a estabilização dos pedaços durante os 25 dias de ensaio. Conclui-se assim que o ajuste das proporções de farinha/água, bem como as condições de tempo e temperatura estabelecidos para a pré-gelatinização dos purés de farinhas, conferem-lhes boas características de textura e boa capacidade de estabilização de pedaços de morango.

De novo, com o ensaio realizado, pretendeu-se uma previsão do comportamento das farinhas num preparado de fruta. No entanto, trata-se de uma aproximação grosseira

uma vez que os preparados de fruta são compostos por outros ingredientes, tal como a água e fruta, nos quais as farinhas funcionalizadas se encontrarão dispersas.

5.3. Desenvolvimento de novos preparados de fruta

5.3.1. Caracterização dos preparados de fruta

Num serviço *taylor-made*, como o que é prestado na Frulact, o controlo de qualidade dos produtos desenvolvidos deve acontecer de acordo com as especificações exigidas pelo cliente. Isto é, não existem valores estritamente definidos para parâmetros como a resistência ao escoamento, viscosidade, pH ou teor em sólidos solúveis de um preparado de fruta. No projeto desenvolvido, a determinação desses mesmos parâmetros serviu para estabelecer comparações entre os novos preparados desenvolvidos – anexo F - e os preparados originais – anexo E. Desta forma, pretendia-se avaliar a possibilidade de substituição dos hidrocoloides habituais (amidos modificados, pectinas ou gomas) pelos diferentes purés de farinha com amido funcionalizado. Na tabela 11, encontram-se as especificações dos dois preparados originais, de morango e pêssigo, estudados neste projeto.

Tabela 11 - Especificações dos preparados originais de morango e pêssigo, à temperatura ambiente.

Especificações	Preparado de morango	Preparado de pêssigo
TSS (°Bx)	32,0 ± 2,0;	34,0 ± 2,0;
pH	3,70 ± 0,20	3,80 ± 0,20
Resistência ao escoamento (cm/60s)	8,00 ± 2,00	8,00 ± 2,00

5.3.1.1. Resistência ao escoamento

Como referido anteriormente, a resistência ao escoamento é um dos parâmetros amplamente usados na indústria alimentar, para avaliação das características de fluídos dos alimentos. A tabela 12 apresenta os resultados obtidos nos preparados de morango e pêssigo, depois de adaptados a partir da fórmula original.

Tabela 12 - Resistência ao escoamento dos novos preparados de fruta de morango e pêssego, em função da fonte de amido, à temperatura ambiente. Medições realizadas em triplicado.

Fontes de amido	Resistência ao escoamento (cm/60s)	
	Preparado de morango	Preparado de pêssego
Padrão (E1422)	10,25 ± 0,66	8,75 ± 0,66
Padrão (amido nativo de arroz)	8,33 ± 0,14	10,25 ± 0,25
Farinha de banana-verde	10,75 ± 1,30	8,17 ± 0,38
Farinha de arroz	6,25 ± 0,43	8,08 ± 1,84
Farinha de amaranto	17,75 ± 1,52	11,08 ± 1,38
Farinha de castanha	18,17 ± 0,80	18,00 ± 0,25

Verificou-se que, no geral, os preparados de pêssego apresentam maior resistência ao escoamento. Estes resultados poderão estar relacionados com diversos fatores, entre os quais os teores em água e açúcar das formulações. A fórmula adaptada de pêssego é a que apresenta, simultaneamente, menor teor em água e maior teor em açúcar, o que contribui duplamente para o desenvolvimento de preparados com menor resistência ao escoamento.

Os preparados com farinha de castanha revelaram-se mais líquidos, apresentando assim menor resistência ao escoamento. Por outro lado, os preparados com farinha de arroz conferiram uma textura mais coesa aos preparados de pêssego e morango, traduzindo-se em resistências ao escoamento superiores

Os valores díspares entre os preparados de morango e pêssego, verificados no caso da farinha de amaranto, poderão estar relacionados com falhas na reprodutibilidade do processo de pré-gelatinização relativamente aos respetivos purés.

Analisando a tabela 12 verifica-se que, à exceção do preparado com farinha de castanha, todos os preparados de pêssego encontram-se dentro dos limites de especificação da respetiva fórmulas original. Relativamente aos preparados de morango, apenas o padrão com amido nativo de arroz obedece aos limites estabelecidos para a resistência ao escoamento.

No que diz respeito ao preparado de pêssego com farinha de arroz, a elevada resistência ao escoamento obtida, poderá estar relacionada com as condições de tempo e temperatura dos processos de pré-gelatinização ou pasteurização. Num ou em ambos os casos, as respetivas condições poderão ter sido superiores ao estipulado, promovendo assim elevada resistência ao escoamento do preparado.

5.3.1.2. Viscosidade

Nesta fase do projeto, procedeu-se novamente a medições de viscosidade para que se pudesse estabelecer uma relação com aos ensaios realizados anteriormente.

Tabela 13 - Viscosidade dos novos preparados de fruta de morango e pêssego, em função da fonte de amido, à temperatura ambiente. Medições realizadas em triplicado.

Fonte de amido	Viscosidade (cp)	
	Preparado de Morango	Preparado de Pêssego
Padrão (E1422)	4328 ± 600	3880 ± 229
Padrão (amido nativo de arroz)	3336 ± 124	3476 ± 199
Farinha de banana-verde	3083 ± 722	2961 ± 805
Farinha de arroz	5072 ± 205	4872 ± 1600
Farinha de amaranto	3872 ± 2344	4624 ± 2340
Farinha de castanha	781 ± 166	806 ± 97

Verificou-se que o puré de castanha pré-gelatinizado foi o que conferiu menos viscosidade aos preparados de fruta realizados. Os resultados encontram-se de acordo com o esperado uma vez que, no ensaio de otimização do processo de pré-gelatinização, foi esta a matéria-prima a adquirir menor viscosidade. Do conjunto de preparados de pêssego, a farinha de arroz é a que confere viscosidades superiores. Os preparados de morango, com aplicação das farinhas funcionalizadas de arroz e de banana-verde são os que se aproximam mais dos preparados padrão com amido nativo de arroz e com amido modificado de milho, respetivamente.

Verificou-se ainda que, para qualquer uma das formulas de morango ou pêssego, a farinha de arroz funcionalizada confere viscosidades superiores às dos respetivos preparados padrão, com amido nativo de arroz. O resultado indica que a farinha de arroz

pré-gelatinizada é mais eficiente do que o amido nativo de arroz ou do que o amido modificado de milho, no aumento da viscosidade de um preparado de fruta.

5.3.1.3. pH e Teor em Sólidos Solúveis

Relativamente aos valores de pH e TSS, verificou-se que alguns dos preparados desenvolvidos se encontram dentro das especificações da formulação original e outros não. Nos preparados de morango, verificou-se que a redução da % de açúcar relativamente à fórmula original resultou em preparados de fruta com valores de TSS inferiores ao especificado ($32,0 \pm 2,0^{\circ}\text{Bx}$). Relativamente aos preparados de pêsego, cujo intervalo especificado para o TSS na fórmula original era de $34,0 \pm 2,0$, verifica-se que todos se encontraram dentro do intervalo referido, à exceção da farinha de amaranto. O resultado encontra-se de acordo com o esperado uma vez que, no ensaio de caracterização das amostras, a farinha de amaranto foi uma que conferiu valores de TSS superiores.

Tabela 14 - Valores pH e teor em sólidos solúveis dos novos preparados de fruta de morango e pêsego, em função da fonte de amido, determinados à temperatura ambiente. Medições realizadas em triplicado.

Fontes de amido	TSS ($^{\circ}\text{Bx}$)		pH	
	Preparado de morango	Preparado de pêsego	Preparado de morango	Preparado de pêsego
Padrão (E1422)	$26,5 \pm 0,3$	$34,9 \pm 0,1$	$3,88 \pm 0,12$	$4,20 \pm 0,11$
Padrão (amido nativo de arroz)	$26,5 \pm 0,1$	$33,5 \pm 0,0$	$3,81 \pm 0,04$	$4,12 \pm 0,07$
Farinha de banana-verde	$26,0 \pm 0,1$	$33,6 \pm 0,9$	$4,03 \pm 0,06$	$4,23 \pm 0,08$
Farinha de arroz	$26,5 \pm 0,1$	$34,3 \pm 0,2$	$3,89 \pm 0,08$	$4,20 \pm 0,11$
Farinha de amaranto	$29,2 \pm 0,1$	$37,6 \pm 0,1$	$4,07 \pm 0,05$	$4,29 \pm 0,07$
Farinha de castanha	$27,7 \pm 1,3$	$35,1 \pm 0,2$	$3,98 \pm 0,06$	$4,25 \pm 0,20$

No que diz respeito ao pH, verifica-se que apenas os preparados de morango apresentam valores dentro dos limites estabelecidos para a fórmula original, sendo o preparado com farinha de arroz o único do conjunto das quatro farinhas analisadas, a encontrar-se dentro das condições desejadas. Embora a % ácido cítrico monohidratado (E330) dos

preparados desenvolvidos tenha sido igual à das formulações originais, a introdução das farinhas e o aumento da % de água também influenciam a pH final do produto.

5.3.1.4. Teste de envelhecimento

No teste de envelhecimento, verificou-se que os preparados de pêsego e morango com farinha de castanha foram os que apresentaram tendência para a sinerese, após 25 dias de ensaio a 4°C e a 25°C. A formação de sinerese foi mais notória no caso do preparado de pêsego – Figura 36.

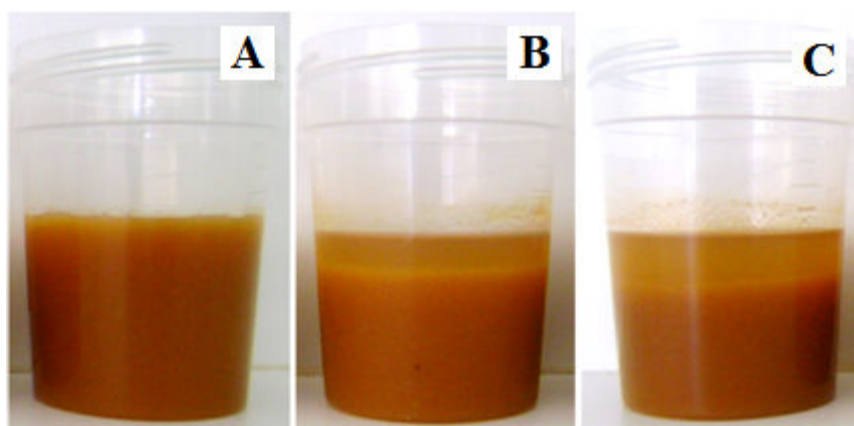


Figura 36 - Ensaio de envelhecimento do preparado de pêsego, desenvolvido com farinha de castanha, pré-gelatinizada: A - 1 dia à temperatura ambiente; B – 25 dias a 4°C; C – 25 dias à T^a ambiente.

Os resultados indicam que, contrariamente aos outros tipos de farinha sujeitas a pré-gelatinização, não se observa estabilidade do preparado, concluídos os 25 dias de ensaio. Perante estes resultados verifica-se que, no futuro, as condições de pré-gelatinização de amido na farinha de castanha terão de ser reavaliadas de forma a que o respetivo ingrediente confira a estabilidade necessária para que o preparado se mantenha estável por um período de tempo superior. Uma solução possível seria o prolongamento da pré-gelatinização por um período de tempo superior a 15 minutos ou a pré-gelatinização de uma mistura de farinhas (ex. farinha de castanha e farinha de banana-verde).

5.3.1.5. Análise sensorial

5.3.1.5.1. Perfil de textura

O painel de provadores estabeleceu o perfil de textura dos iogurtes de morango e pêsego onde foram aplicados os novos preparados de fruta desenvolvidos. Com esta análise foi possível reconhecer os tipos de farinhas que, quando submetidos a pré-gelatinização, conferem ao preparado de fruta, características sensoriais de textura semelhantes às conferidas por um amido padrão – amido modificado de milho (E1422). As características de textura de um preparado de fruta têm influência direta na textura final de um iogurte, seja ele batido ou não. Os resultados das provas realizadas, encontram-se representados em gráficos radar, nas figuras 37 e 38, relativas aos aos iogurtes de pêsego e de morango, respetivamente.

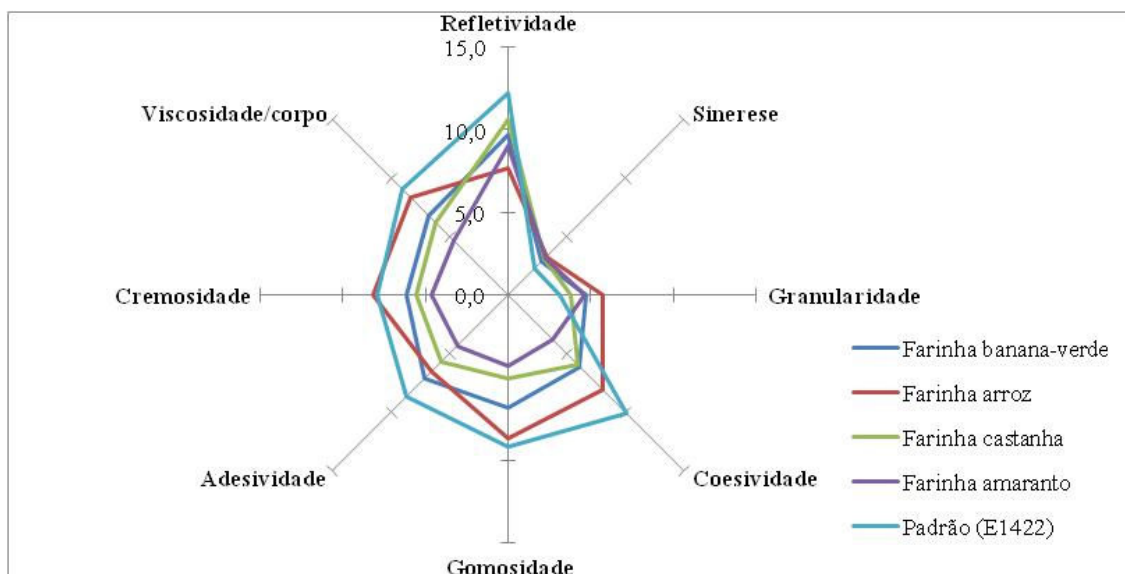


Figura 37 - Análise do perfil de textura em iogurtes com aplicação de 20% de preparados de fruta de morango, realizados com diferentes fontes de amido.

Tabela 15 - Análise estatística (teste de *Kruskal-Walis*) relativa ao perfil de textura em iogurtes com preparados de morango

Descritores	<i>p-value</i>
Refletividade	0,020*
Sinerese	0,936
Granularidade	0,350
Coesividade	<0,001**
Gomosidade	<0,001**
Adesividade	<0,001**
Creiosidade	0,001**
Corpo	<0,001**

*diferenças significativas (*p-value* <0,05)

**diferenças muito significativas (*p-value* <0,01)

Com a análise estatística aplicada, verificou-se que a sinerese e a granularidade são os únicos descritores para os quais não se observam diferenças significativas entre o iogurte com preparado padrão e os restantes 4 iogurtes de morango, com preparados onde se aplicaram farinhas pré-gelatinizadas.

Através da comparação das médias de todos os grupos contra o padrão (método de *Mann-Whitney*), foi possível determinar, isoladamente, quais dos 4 preparados apresentam diferenças significativas em relação ao padrão, considerando os 8 descritores avaliados – Tabela 24 (Anexo I). Relativamente à refletividade, verificou-se que os iogurtes com preparados contendo farinhas de arroz e amaranto, apresentam diferenças muito significativas relativamente ao iogurte padrão, revelando menor capacidade de reflexão do que este. No que diz respeito à coesividade, os iogurtes com preparados alternativos de farinhas de banana-verde, amaranto e castanha apresentam diferenças muito significativas relativamente ao iogurte com preparado padrão, apresentando-se menos coesos do que este. Como se pode verificar na figura 37. O iogurte cujo preparado contém farinha de arroz é, de todos, o que mais se aproxima do padrão em termos de coesividade, apresentando apenas diferenças significativas quando comparado com o iogurte padrão. Relativamente às características de textura percebidas durante a degustação – gomosidade, adesividade, creiosidade e corpo – o

iogurte com farinha de arroz revelou-se estatisticamente igual ao iogurte padrão para todas elas, à exceção da adesividade. Os iogurtes com farinhas de amaranto e castanha revelaram-se as piores alternativas para os respetivos descritores, apresentando diferenças muito significativas quando comparados com o iogurte padrão.

Verificou-se que os iogurtes de morango com preparados contendo farinhas de arroz e de banana-verde são estatisticamente iguais ao padrão para 5 dos 8 descritores avaliados, enquanto que os iogurtes com preparados contendo farinhas de amaranto e castanha apresentam diferenças muito significativas relativamente ao padrão, para 5 dos 8 descritores avaliados.

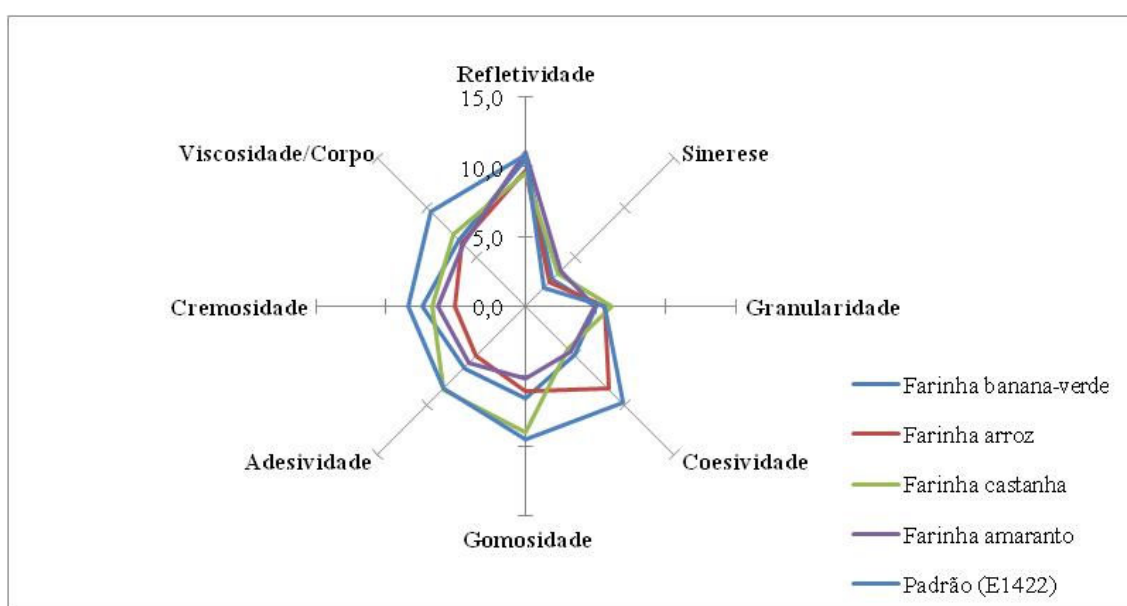


Figura 38 - Análise do perfil de textura em iogurtes com aplicação de 20% de preparados de fruta de pêssigo, realizados com diferentes fontes de amido.

Analisando a figura 38, verifica-se que o iogurte de pêssigo padrão, foi classificado pelo painel como o mais coeso, encorpado e cremoso. No que diz respeito às características analisadas visualmente – refletividade e sinerese – o painel aparenta ser unânime ao classificar o comportamento das 5 amostras bastante uniforme.

Verificou-se que todos os iogurtes com preparados de pêssigo alternativos (com aplicação de farinhas funcionalizadas) são estatisticamente iguais ao padrão, no que diz respeito à refletividade, sinerese e granularidade - Tabela 16.

O iogurte cujo preparado contém farinha de castanha foi o que se revelou estatisticamente mais próximo do padrão, revelando apenas diferenças muito significativas relativamente à coesividade – Tabela 25 (Anexo I).

Tabela 16 - Análise estatística (teste de Kruskal-Walis) relativa ao perfil de textura em iogurte com preparados de pêssego.

Descritores	<i>p-value</i>
Refletividade	0,517
Sinerese	0,543
Granularidade	0,852
Coesividade	<0,001**
Gomosidade	<0,001**
Adesividade	0,005**
Creiosidade	<0,001**
Corpo	0,015*

**diferenças muito significativas ($p\text{-value} < 0,01$)

Verificou-se ainda na análise dos iogurtes de pêssego, que o iogurte com farinha de arroz é estatisticamente igual ao iogurte padrão relativamente à coesividade, contrariamente ao que se verificou nos iogurtes com preparado de morango - Tabela 25 (Anexo I). Este exemplo é demonstrativo de que a variação da % de ingredientes (ex. % de água e de açúcar) presentes nas formulações tem influência nas características de textura dos respetivos preparados de fruta e dos iogurtes onde são incorporados. Globalmente, verificou-se que a fórmula do preparado de pêssego (com 27% e 57% de água) se revelou mais efetiva do que a de morango (com 20% de açúcar e 59% de água) na substituição de um amido modificado por farinhas de amido pré-gelatinizado, usadas como agentes espessantes e estabilizantes.

5.3.1.5.2. Teste de preferência

Os testes de preferência realizados revelaram uma preferência notória dos provadores pelos iogurtes padrão – iogurtes com preparados de morango ou de pêssego, contendo amido de arroz nativo. Na recolha de opiniões, verificou-se que os provadores consideraram os iogurtes padrão e as respetivas alternativas – iogurtes contendo farinha

de arroz pré-gelatinizada – idênticas entre si em termos de textura. No entanto, a maioria preferiu os iogurtes padrão por serem ligeiramente mais cremosos.

Embora se tenha pedido aos provadores que escolhessem o iogurte preferido exclusivamente com base nas diferenças de textura entre ambos, é possível que os restantes factores sensoriais – cor e sabor - tenham tido influência na decisão final – ver anexo J.

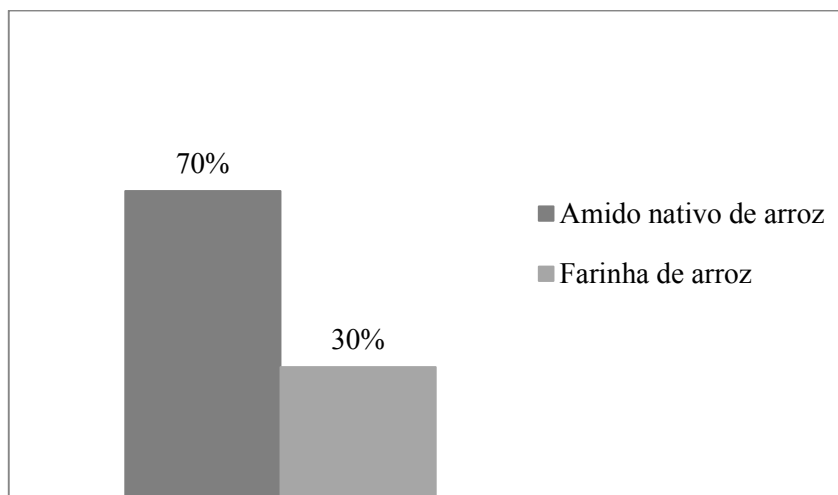


Figura 39 - Resultados do teste de preferência dos iogurtes de morango com preparado padrão (amido nativo de arroz) e com preparado alternativo (farinha de arroz com amido pré-gelatinizado).

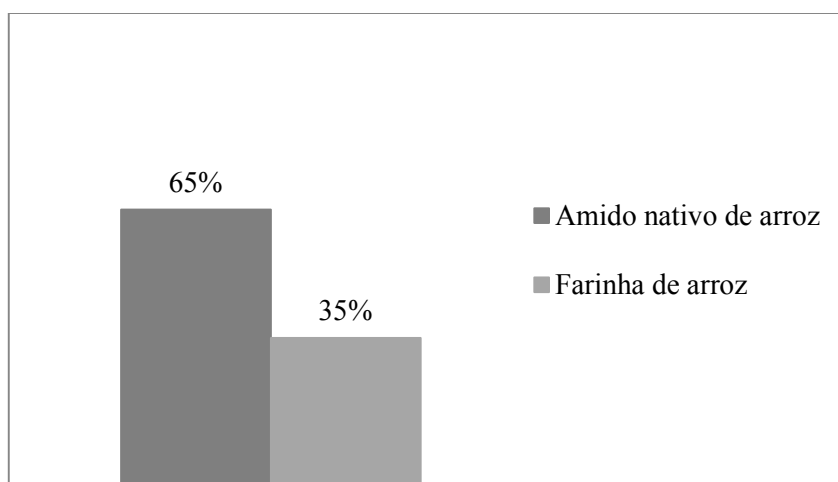


Figura 40 - Resultados do teste de preferência dos iogurtes de pêsego com preparado padrão (amido nativo de arroz) e com preparado alternativo (farinha de arroz com amido pré-gelatinizado).

Relativamente ao tipo de iogurte – com preparado de morango ou pêssego - verificou-se um aumento de 5% na preferência pelo iogurte alternativo quando este se tratou de iogurte com preparado de pêssego.

6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

O trabalho desenvolvido neste projeto demonstra que é possível modificar a funcionalidade de amidos nas próprias fontes vegetais - leguminosas, frutas, sementes – e proceder à aplicação destas em preparados de fruta, como agentes espessantes. Esta otimização não só permite excluir a etapa de purificação do amido a partir das suas fontes vegetais, como torna o produto final – neste caso, preparado de fruta – mais natural.

No estudo da caracterização físico-química de purés, verificou-se que a banana *plantain* e a farinha de arroz – nos grupos de matérias-primas frescas e secas, respetivamente – foram as que conferiram maior viscosidade em soluções aquosas, submetidas a aquecimento térmico. Microscópicamente, verificou-se com clareza a dilatação dos grânulos de amido da banana verde, da banana *plantain* e das farinhas de banana-verde, arroz e amaranto, durante o tratamento térmico referido. A batata-doce e a farinha de castanha foram as únicas matérias-primas a oferecer resistência à gelatinização. O comportamento pode estar relacionado com o grau de maturação das respetivas matérias-primas ou com a presença de compostos em solução - açúcares, lípidos ou proteínas – que inibem a gelatinização do amido.

Relativamente ao pH determinado nas amostras diluídas com 4% de amido, verificou-se que a banana-verde e a banana *plantain* são as matérias-primas que apresentam valores de pH mais próximos dos preparados de fruta. Os resultados devem-se à colheita prematura das respetivas matérias-primas e à % de água presente em solução.

Nos ensaios de funcionalização enzimática, verificou-se que depois de gelatinizado, o amido presente em puré de banana *plantain* pode voltar a ser manipulado para a obtenção de purés com menores viscosidades. A quebra mais acentuada de viscosidade verificou-se no ensaio realizado com 0.03% de α -amilase, durante 15 minutos, a 50°C. A tecnologia poderá revelar-se útil no desenvolvimento de preparados *Fruitonly* em que o conjunto dos 5 ingredientes utilizados (todos eles fruta) confira ao preparado viscosidades superiores ao desejado, durante o tratamento térmico. Trata-se assim de uma alternativa “limpa” à redução do teor de fruta na formulação do preparado, sendo esta normalmente definida pelo cliente.

Embora a banana *plantain* tenha revelado potencial para ser integrada em preparados de fruta - podendo a textura conferida pela mesma ser controlada por aquecimento térmico ou hidrólise enzimática - a produção de purés deste fruto ainda apresenta muitas limitações industriais, nomeadamente devido à rigidez da casca e aos desperdícios associados. Por esse motivo, o estudo prosseguiu com funcionalização tecnológica de farinhas.

Na adaptação da tecnologia de pré-gelatinização em farinhas (metodologia utilizada na Frulact, com amidos nativos e modificados), verificou-se que o processo possibilita a produção de geis que, quando introduzidos em formulações de preparados de fruta *standard*, conferem características de viscosidade e consistência, semelhantes às de preparados padrão (desenvolvidos com amidos nativos ou modificados). Verificou-se que os preparados com aplicação da farinha de arroz pré-gelatinizada foram os que apresentaram melhores resultados de viscosidade, encontrando-se dentro dos limites de resistência ao escoamento, especificados nas formulações originais dos preparados analisados. No entanto, o preparado de pêsego com farinha de castanha foi o que se revelou estatisticamente mais parecido com o padrão a nível sensorial.

Embora a tecnologia de pré-gelatinização se tenha verificado eficaz na substituição de agentes gelificantes e de estabilização (nativos ou modificados) por farinhas com amido funcionalizado, seria importante continuar a desenvolver estudos de otimização, uma vez que nem todas conferiram a consistência desejada nos novos preparados desenvolvidos. Para ultrapassar esta questão, seria também interessante estudar a pré-gelatinização de farinhas combinadas (ex. arroz e castanha) ou de farinhas combinadas com matérias-primas frescas.

Seria igualmente importante testar a suspensão de pedaços de morango nos novos preparados de fruta desenvolvidos, uma vez que o ensaio preliminar realizado em farinhas pré-gelatinizadas revelou resultados promissores.

Numa perspetiva de desenvolvimento de preparados *Fruitonly*, os estudos seguintes passariam também pela otimização das restantes características sensoriais do preparado, como a cor e o sabor. Seria importante avaliar os efeitos do envelhecimento dos novos preparados nas características sensoriais do iogurte, de forma a verificar se a presença das farinhas lhes confere sabores desagradáveis com o decorrer do tempo.

Sendo o objetivo final a realização de um preparado *Fruitonly* com aroma de morango, será também crucial a realização de estudos que permitam mascarar a presença dos aromas conferidos pelas restantes frutas introduzidas na formulação.

Finalmente, numa fase mais avançada do projeto, seria importante proceder à realização de testes industriais que nos permitissem avaliar a viabilidade da metodologia de pré-gelatinização em grande escala.

7. OUTROS TRABALHOS DESENVOLVIDOS

7.1. Ensaio de resistência de bomba de amido

Contextualização

Na empresa Frulact, o termo bomba de amido é atribuído a uma pasta de amido viscosa que é usada na “limpeza” das linhas de produção de preparados de fruta. A pasta é produzida através da gelatinização de amido presente numa solução aquosa. Depois de produzida, a mesma é bombeada na linha, arrastando consigo os detritos do último preparado de fruta produzido. Este método é utilizado entre a produção de preparados semelhantes, isto é, com aplicação do mesmo tipo de fruta (ex. preparado de pêssigo e preparado de alperce). A utilização da bomba de amido pretende substituir a lavagem e esterelização integral das linhas industriais entre a produção de produtos idênticos. Depois de percorrer a linha, a bomba de amido é recolhida e não volta a ser usada.

Apesar de efetivo, o método referido tem provocado o aumento do teor de resíduos nas étaras das fábricas de produção, devido á deposição do amido nas mesmas. Consequentemente, têm-se desenvolvido estudos relativamente à possibilidade reutilização das bombas de amido. Para que tal seja possível, depois de usadas, as respetivas bombas deverão ser submetidas a pasteurização para evitar contaminação da linha de produção seguinte. Posto isto, a reutilização das bombas só terá o efeito desejado se as mesmas resistirem aos vários ciclos de pasteurização, isto é, se não se verificarem quebras significativas de viscosidade. Se tal acontecer, a bomba de amido reutilizada não terá a viscosidade e comportamento suficientes para “arrastar” os detritos à sua frente. O estudo desenvolvido, consistiu na análise da resistência de uma solução de amido gelatinizado, a vários ciclos de pasteurização.

Procedimento

Preparou-se uma solução aquosa com amido modificado de milho (8%). A mesma foi submetida a aquecimento térmico, com agitação constante, até atingir entre 80 a 85°C - permanecendo neste intervalo de temperatura durante 5 minutos. Posteriormente, a pasta obtida foi submetida a 5 ciclos de pasteurização que decorreram a 95°C, durante 5 minutos. Entre cada ciclo, procedeu-se ao acerto da água perdida pela pasta, seguindo-se o arrefecimento da mesma até 35±2°C – temperatura à qual se realizaram medições

de viscosidade no Brookfield (condições de leitura: 50 rpm, durante 1 minuto, com *spindle* 6). As medições foram realizadas em triplicado.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos demonstram que a bomba de amido apresenta um comportamento constante durante os primeiros 4 ciclos de pasteurização. Concluído o 5º ciclo de pasteurização, observa-se uma descida acentuada da viscosidade da bomba de amido.

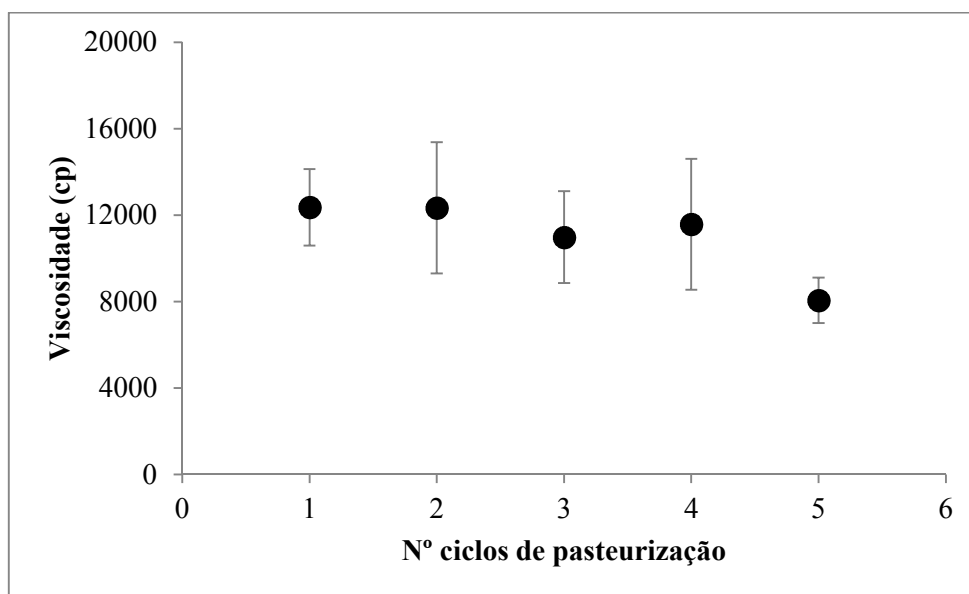


Figura 41 - Análise da viscosidade de uma bomba de amido modificado de milho em função do número de ciclos de pasteurização que lhe são aplicados.

Futuramente, a continuação do estudo passa pela análise de outros tipos de amidos, capazes de conferir viscosidades superiores, ou pela preparação de soluções com maior % de amido. Posteriormente, será necessário proceder a ensaios industriais. A partir destes, será possível compreender com maior exatidão a quantos ciclos de pasteurização pode a bomba de amido ser sujeita, sem perder a sua funcionalidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Frulact, “Frulact Flipbook.” [Online]. Available: www.frulact.pt. [Accessed: 05-May-2013].
- [2] Económico TV, “Grandes Negócios,” 2012. [Online]. Available: <http://tv.economico.sapo.pt/>. [Accessed: 14-Feb-2013].
- [3] Chandan, R., *Manufacturing yogurt and fermented milks*, First Edit. Blackwell Publishing Ltd, 2013.
- [4] Fügel, R. Carle, and Schieber, A., “Quality and authenticity control of fruit purées, fruit preparations and jams — a review,” *Trends in Food Science & Technology*, vol. 16, no. 10, pp. 433–441, Oct. 2005.
- [5] Herbstreith&Fox - Corporate Group, “Informative Literature Brochure - ‘Yoghurt Fruit Preparations’.”[Online]. Available: <http://www.herbstreith-fox.de/en/informative-literature.html>. [Accessed: 25-May-2013].
- [6] Parlamento Europeu, “Regulamento (UE) n.º 1169/2011 relativo à prestação de informação aos consumidores sobre géneros alimentícios,” 2011, vol. 2011.
- [7] Williams, A *Handbook of Hydrocolloids*, Second Edition. Woodhead Publishing Limited, 2000.
- [8] Beckles, D. M., “Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit,” *Postharvest Biology and Technology*, vol. 63, no. 1, pp. 129–140, Jan. 2012.
- [9] Murray, I. A.; Delahunty, J. M; Baxter C. M.; “Descriptive sensory analysis: past, present and future,” *Food Research International*, vol. 34, pp. 461–471, 2001.
- [10] Tabilo-Munizaga, G.and. Barbosa-Cánovas, G. V, “Rheology for the food industry,” *Journal of Food Engineering*, vol. 67, no. 1–2, pp. 147–156, Mar. 2005.
- [11] “ISO 11036 - Sensory analysis - Methodology - Texture profile,” vol. 1994, 1994.
- [12] Cancela, M. A.and Maceiras, R. “Rheological properties of fruit purees : Effect of cooking,” no. May, 2006.
- [13] Parlamento Europeu, “Regulamento (CE) N.º 1333/2008 relativo aos aditivos alimentares,” *Jornal Oficial da União Europeia*, pp. 16–33, 2008.

- [14] Thomas, D. J. and Atwell, W. A., *Starches - Practical Guides For The Food Industry*. 1999.
- [15] Kampffmeyer Food Innovation, “How to make Clean Label.pdf,” 2012. [Online]. Available: <http://kfi.kampffmeyer.com/>. [Accessed: 16-Mar-2012].
- [16] Dickinson, E. and McClements, D. J., *Advances in Food Colloids*, First Edit. Blackie Academic & Professional, 1995.
- [17] Nishinari, K., “Structure and Properties of Food Hydrocolloids - Gels , Emulsions and Foams,” vol. 213, no. 5, 2008.
- [18] Rocha, S., Demiate, I. M. and Franco, M. L., *.Características estruturais e físico-químicas de amidos de*, vol. 28, no. 3. 2008, pp. 620–628.
- [19] Whistler, R., *Starch - Chemistry and Technology*, Third Edition. Elsevier, 2009.
- [20] Denardin, C. C., “Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas,” *Ciência Rural*, pp. 1–10, 2006.
- [21] Montañez Soto, J. L., “Influence of starch source in the required hydrolysis time for the production of maltodextrins with different dextrose equivalent,” *African Journal of Biotechnology*, vol. 11, no. 69, pp. 13428–13435, Aug. 2012.
- [22] Li, J.-Y. and Yeh, A.-I., “Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches,” *Journal of Food Engineering*, vol. 50, no. 3, pp. 141–148, Nov. 2001.
- [23] Han, J. H., “Processing of Whole or Portions of Genus Musa and Related Species,” U.S. Patent 20130156893 A12013.
- [24] Van-Den, T. and Avula, R. Y., *Sweet Potato: Post Harvest Aspects in Food*, no. 919. Nova Science Publishers, Inc., 2010, pp. 117–161.
- [25] Collins, J. L., Liao, J.-Y., and Penfield, M. P., “Chemical, Physical and Sensory Attributes of Formed and Frozen, Baked Sweetpotato,” *Journal of Food Science*, vol. 60, no. 3, pp. 465–467, May 1995.
- [26] Pucha-arnon, S., “Rice starch vs. rice flour - Differences in their properties when modified.” 2013.
- [27] Resio, A. C. and Suarez, C., “Gelatinization kinetics of amaranth starch,” *International Journal of Food Science and Technology*, no. 1993, pp. 441–448, 2001.

- [28] Mlakar, S. G., Lecturer, S., Turinek, M., Jakop, M., and Bavec, M., "Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate," *Journal for Geography*, pp. 135–145, 2010.
- [29] Sajilata, M. G. and Singhal, R. S., "Specialty starches for snack foods," 1987.
- [30] Campbell, M. R., Li, J., Berke, T. G., and Glover, D. V., "Variation of Starch Granule Size in Tropical Maize Germ Plasm '," *Carbohydrates*, pp. 536–538.
- [31] Dall'Asta, C., Cirlini, M., Morini, E., Rinaldi, M., Ganino, T., and Chiavaro, E., "Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 53, no. 1, pp. 233–239, Sep. 2013.
- [32] Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., and Gill, B. S., "Morphological , thermal and rheological properties of starches from different botanical sources," *Food Chemistry*, vol. 81, pp. 219–231, 2003.
- [33] Otegbayo, B., Lana, O., and Ibitoye, W., "Isolation and Physicochemical Characterization of Starches Isolated From Plantain (*Musa Paradisiaca*) and Cooking Banana (*Musa Sapientum*)," *Journal of Food Biochemistry*, vol. 34, no. 6, pp. 1303–1318, Dec. 2010.
- [34] Nemțanu, M. R. and Brașoveanu, M., "Functional Properties of Some Non-conventional Treated Starches," 2007.
- [35] Pancha-arnon, S., Pathipanawat, W., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., and Uttapap, D., "Effects of relative granule size and gelatinization temperature on paste and gel properties of starch blends," *Food Research International*, vol. 41, no. 5, pp. 552–561, Jan. 2008.
- [36] Fredrikssona, H., Silveriob, J., Andemon, R., Eliassonb, A., and Amanta, P., "The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches," *Carbohydrate Polymers*, vol. 35, pp. 119–134, 1998.
- [37] Shamekh, S. S., "Effects of lipids , heating and enzymatic treatment on starches," 2002.
- [38] Jacob, J. K., Tiwari, K., Correa-Betanzo, J., Misran, A., Chandrasekaran, R., and Paliyath, G., "Biochemical basis for functional ingredient design from fruits.," *Annual review of food science and technology*, vol. 3, pp. 79–104, Jan. 2012.
- [39] Kesselmans et al., "Oxidation of Starch - Internacional Patent n° 6777548-B1." .

- [40] Xiao, H., Lin, Q., and Liu, G.-Q., “Effect of cross-linking and enzymatic hydrolysis composite modification on the properties of rice starches.,” *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol. 17, no. 7, pp. 8136–46, Jan. 2012.
- [41] Kasprzak, M. M., Lærke, H. N., Larsen, F. H., Knudsen, K. E. B., Pedersen, S., and Jørgensen, A. S., “Effect of enzymatic treatment of different starch sources on the in vitro rate and extent of starch digestion.,” *International journal of molecular sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 929–42, Jan. 2012.
- [42] Hanan, M. A. et al., “Physicochemical Properties of Starch Extracted from Different Sources and Their Application in Pudding and White Sauce.”
- [43] I. Brookfield Engineering Labs., *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*, 2nd Editio. Elsevier, 2002.
- [44] Xie, F., Yu, L., Su, B., Liu, P., Wang, J., Liu, H., and Chen, L., “Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios,” *Journal of Cereal Science*, vol. 49, no. 3, pp. 371–377, May 2009.
- [45] Sinica, D. C., Onikanni, S. A., and Adewumi, F. D., “Pasting characteristics of plantain (Balbisiana Hybrids) and banana (Musa acuminata) starches,” *Pelagia Research Library*, vol. 3, no. 2, pp. 313–317, 2012.
- [46] Lehmann, U., Jacobasch, G., and Schmiedl, D., “Characterization of resistant starch type III from banana (Musa acuminata).,” *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 50, no. 18, pp. 5236–40, Aug. 2002.
- [47] Nwokocha, L. M. and Williams, P. a., “Some properties of white and yellow plantain (Musa paradisiaca, Normalis) starches,” *Carbohydrate Polymers*, vol. 76, no. 1, pp. 133–138, Mar. 2009.
- [48] Srichuwong, S., Orikasa, T., Matsuki, J., Shiina, T., Kobayashi, T., and Tokuyasu, K., “Sweet potato having a low temperature-gelatinizing starch as a promising feedstock for bioethanol production,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 39, pp. 120–127, Apr. 2012.
- [49] Uriyapongson, J., “Comparison of Yield and Properties of Amaranth Starches Using Wet and Dry-Wet Milling Processes ’,” *Carbohydrates*, vol. 71, no. 6, pp. 571–577, 1994.
- [50] Demiate, I. M., Oetterer, M., and Wosiacki, G., “Characterization of Chestnut (Castanea sativa , Mill) Starch for Industrial Utilization,” vol. 44, pp. 69–78, 2001.

- [51] Alkarkhi, A. F. M., Bin Ramli, S., Yong, Y. S., and Easa, A. M., “Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits,” *Food Chemistry*, vol. 129, no. 2, pp. 312–318, Nov. 2011.
- [52] Izidoro D, R, et al, “Granules morphology and rheological behavior of green banana (*Musa cavendishii*) and corn (*Zea mays*) starches,” *Ciência e Tecnologia*, vol. 2, no. 0, p. 2007, 2007.
- [53] Zakpaa, H. D. and Adubofour, J., “An investigation into the feasibility of production and characterization of starch from ‘ apantu ’ plantain (giant horn) grown in Ghana,” *African Journal of Food Science*, vol. 4, no. September, pp. 571–577, 2010.
- [54] Pacheco-delahaye, E., et al, “Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L .) flours,” vol. 33, pp. 290–296, 2008.
- [55] Jeffcoat, R. et al ; Tayal, “Low amylose and adipate crosslinked tapioca starch,” U.S. Patent EP 1314743 A22003.
- [56] Kettlitz et al, “Stabilized high viscosity starches,” U.S. Patent 6,235,894 B12001.
- [57] City, P. et al, “Emulsion Stabilizing Starch Products PRODUCTS,” U.S. Patent 6,809,197 B12004.
- [58] Koxhilt. et al, “Starch for frozen desserts,” U.S. Patent 00481688 A12005.
- [59] Whistler, “Banana Starch Production,” U.S. Patent 57979851998.
- [60] Henley, “Stable High Viscosity Starch Based Adhesive and Method of Preparation,” U.S. Patent 57534681998.
- [61] “Method of using alfa-amylase to prepare slightly decomposed starch granules having low viscosity,” U.S. Patent 54459501995.
- [62] Chiu et al, “Thermally-inhibited non-pregelatinized granular starches and flours and process for their preparation,” U.S. Patent 64511212002

9. ANEXOS

Anexo A – Registo fotográfico das farinhas estudadas no projeto

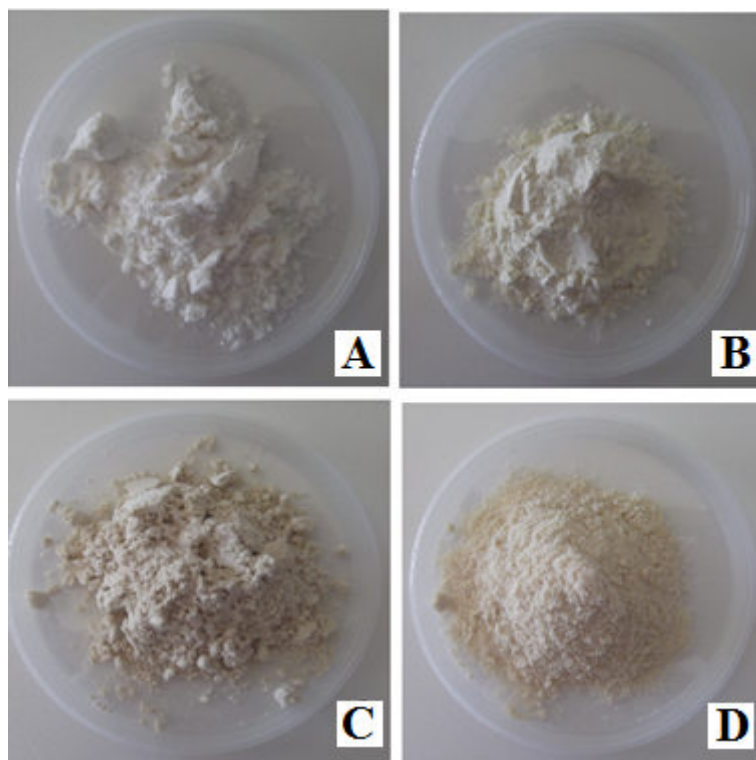


Figura 42 - Aspeto das farinhas analisadas: A – Farinha de arroz; B – Farinha de banana-verde; C – Farinha de castanha; D – Farinha de amaranto.

Anexo B – Cálculo da quantidade de matéria-prima necessária à preparação de amostras diluídas

Os cálculos para a obtenção de amostras diluídas com 2, 4, 6 e 8% de amido realizaram-se com base nos dados teóricos da % de peso seco (PS), da % de água e da % de amido no peso seco da matéria-prima, recolhidos nas fichas técnicas e bibliografia.

As seguintes equações:

$$\% PS = 100\% - \% \text{ água}$$

Equação n° 1

Cálculo da % de amido no peso fresco (PF) da matéria-prima

$$\% \text{ Amido no PF} = \frac{\% PS \times \% \text{ Amido no PS}}{100}$$

Equação n° 2

Supondo que se pretende preparar 200g de uma amostra diluída, com 8% de amido, partindo de uma amostra concentrada, isto é, com 100% matéria-prima.

$$\text{Puré concentrado (g)} = \frac{8 \times 200}{\% \text{ Amido no PF}}$$

Equação n° 3

Sendo esse um puré de banana plantain, cuja % de amido no PF é 11,8%:

$$\text{Puré inicial (g)} = \frac{8 \times 200}{11,8} = 135,6g$$

Equação n° 4

Neste exemplo, depois de pesar 135,6g do puré inicial de banana plantain, adiciona-se água até perfazer 200g, obtendo assim uma amostra diluída com 8% de amido.

Anexo C – Procedimento para prova de iogurtes: perfil de textura

1. Análise visual

Refletividade

O teste consiste na análise da superfície do iogurte, sem lhe tocar, avaliando se apresenta um aspeto mais baço ou mais brilhante. (Ex. Iogurte baço: Linessa natural; Iogurte brilhante: Milbona natural)

Sinerese

Pretende-se que o provador verta o soro existente à superfície do iogurte para uma colher de plástico, sem agitar ou bater o iogurte. Se a colher ficar vazia, trata-se de um iogurte sem sinerese; se a colher ficar $\frac{1}{2}$ cheia, trata-se de um iogurte com baixa sinerese; se o soro ocupar o volume de duas colheres, trata-se de um iogurte com elevada sinerese. (Ex.: Iogurte sem sinerese: grego da danone)

2. Análise no contacto com a colher

Granularidade

Com a colher, realizar “corte” no iogurte e verificar se se observa uma textura lisa ou granulosa.

Coesividade

O provador deve agitar o iogurte com a colher, 4 vezes para cada lado. Seguidamente, deve encher a colher com iogurte e depois inclina-la, vertendo o seu conteúdo. Pretende-se que o provador observe a forma como este cai da colher: textura longa (iogurte menos coeso) –escorre continuamente, formando um “fio” alongado; textura curta (iogurte mais coeso) – cai em porções curtas e separadas (Ex. chantili).

3. Análise na boca

Nesta fase, o provador deve provar o iogurte analisando o seu comportamento na boca. Os atributos que se seguem, devem ser analisados separadamente.

Gomosidade

ensação de adesão/preenchimento do iogurte em toda a boca.

Adesividade

Sensação de aderência do iogurte na língua; difícil de descolar. Se fica muito colado à língua, diz-se que tem textura “muito colante”. Se o iogurte adere pouco à língua, diz-se que tem textura “pouco colante”.

Creiosidade

Sensação de gordura na boca. (Ex. iogurte muito cremoso - iogurte grego da danone; iogurte pouco cremoso – iogurte magro, com 0% de matéria-gorda)

Viscosidade/Corpo

Sensação de *mouthfeel*/espessura na boca. (Ex. iogurte muito encorpado – iogurte grego da danone; iogurte pouco encorpado – iogurte líquido)

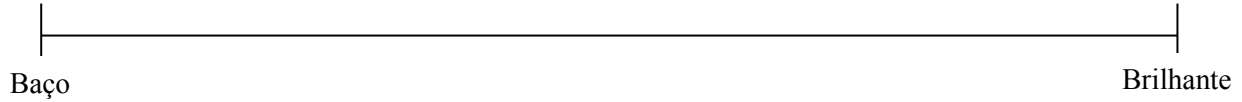
Anexo D – Ficha de prova para análise sensorial: perfil de textura em iogurtes

Nome: _____

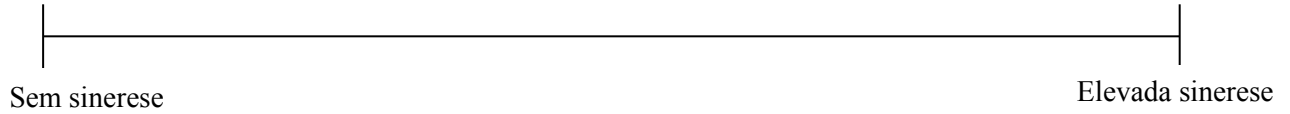
Data: __-__-__

1. Análise visual

Refletividade

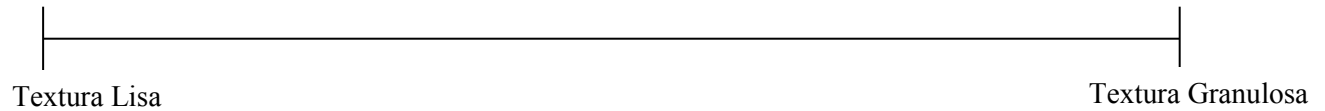


Sinerese

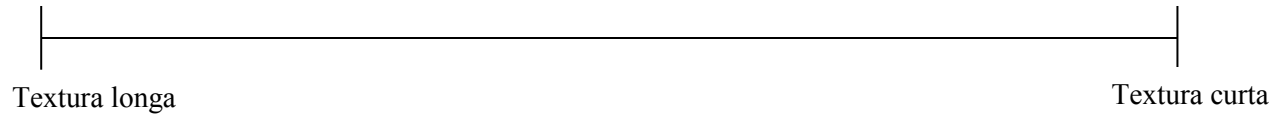


2. Análise no contacto com colher

Granularidade

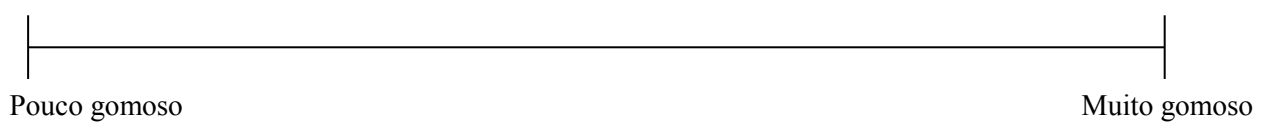


Coesividade

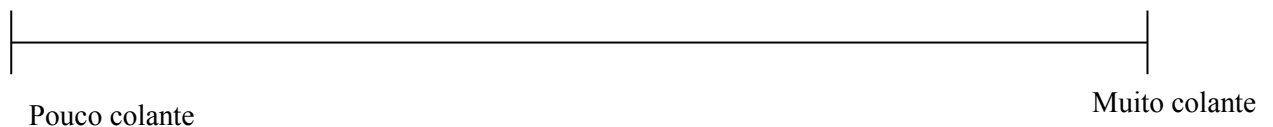


3. Análise na boca (iogurte)

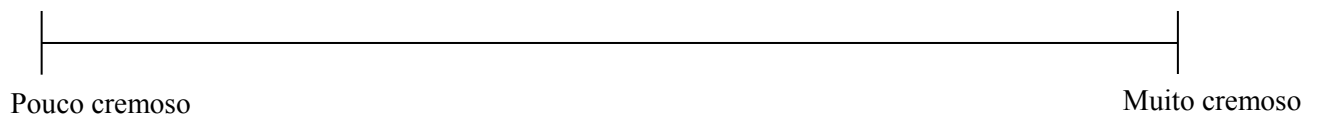
Gomosidade



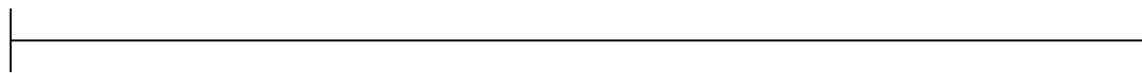
Adesividade



Creiosidade



Viscosidade/Corpo



Pouco encorpado

Muito encorpado

Anexo E – Formulas originais dos preparados de morango e pêssego

Tabela 17 – Formulação original do preparado de morango.

Ingredientes	%
Açúcar	27,00
Concentrado de puré de morango	14,59
Água	52,17
Amido modificado de milho (E1422)	2,90
Goma xantana (E415)	0,02
Goma guar (E412)	0,32
Goma guar despolimerizada (E412)	0,09
Aroma morango	0,60
Solução Carmim cochinha	0,32
Fosfato tricálcico (E341)	1,28
Polifosfato sódio (E452)	0,12
Ácido cítrico monohidratado (E330)	0,47
Sorbato potássio (E220)	0,13

Tabela 18 - Formulação original do preparado de pêssego

Ingredientes	%
Açúcar	27,00
Concentrado de puré de pêssego	13,44
Água	54,75
Amido modificado de milho (E1422)	3,10
Goma xantana (E415)	0,02
Goma guar (E412)	0,33
Aroma pêssego	0,55
Corante curcuma (E100)	0,02
Corante paprika (E160)	0,07
Fosfato tricálcico (E341)	0,32
Polifosfato sódio (E452)	0,12
Ácido cítrico monohidratado (E330)	0,28
Sorbato potássio (E220)	0,13

Anexo F – Formulas de novos preparados de fruta desenvolvidos, com aplicação de farinhas com amido pré-gelatinizado.

Tabela 19 - Novas formulações de preparados de morango.

Ingredientes	%					
	Formulas padrão		Formulas com farinhas funcionalizadas			
	Amido modificado de milho (E1142)	Amido nativo de arroz	Banana-verde	Castanha	Arroz	Amaranto
Açúcar	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Concentrado de puré de morango	14,59	14,59	14,59	14,59	14,59	14,59
Água	59,00	59,00	5,93	23,28	5,86	6,72
Amidos padrão/Purés funcionalizados	3,50	3,50	56,56	39,21	56,63	55,77
Aroma morango	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Solução Carmim cochinilha	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
Fosfato tricálcico (E341)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Polifosfato sódio (E452)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Ácido cítrico monohidratado (E330)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Sorbato potássio (E220)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

Tabela 20 - Novas formulas de preparados de pêssego.

Ingredientes	%					
	Formulas padrão		Formulas com purés funcionalizados			
	Amido modificado de milho (E1142)	Amido nativo de arroz	Banana-verde	Castanha	Arroz	Amaranto
Açúcar	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00
Concentrado de puré de pêssego	13,44	13,44	13,44	13,44	13,44	13,44
Água	54,57	54,57	1,51	18,85	1,44	2,30
Amidos padrão/Purés funcionalizados	3,50	3,50	56,56	39,21	56,63	55,77
Aroma pêssego	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Corante curcuma (E100)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Corante paprika (E160)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Fosfato tricálcico (E341)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Polifosfato sódio (E452)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Ácido cítrico monohidratado (E330)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sorbato potássio (E220)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

Anexo G – Fichas nutricionais dos preparados de fruta desenvolvidos, com aplicação de farinhas com amido pré-gelatinizado.

Tabela 21 - Valores nutricionais dos novos preparados de fruta desenvolvidos.

Preparado de pêsego			Preparado de morango		
Nutriente	Valor	Unidade	Nutriente	Valor	Unidade
Proteínas	0,3289	g	Proteínas	0,3691	g
Hidratos de carbono	33,6854	g	Hidratos de carbono	33,4634	g
Açúcares	30,2521	g	Açúcares	30,8778	g
Polióis	0	g	Polióis	0	g
Lípidos	0,0493	g	Lípidos	0,178	g
Ácidos Gordos Saturados	0,0038	g	Ácidos Gordos Saturados	0,0131	g
Ácidos Gordos Monoinsaturados	0,0141	g	Ácidos Gordos Monoinsaturados	0,0263	g
Acidos Gordos Polinsaturados	0,0183	g	Acidos Gordos Polinsaturados	0,1042	g
Fibras	0,7916	g	Fibras	0,7135	g
Sódio	0,0311	g	Sódio	0,0305	g
Cálcio	121,1182	mg	Cálcio	126,9044	mg
Ácidos Organicos	0,4951	g	Ácidos Organicos	0,892	g
Alcool	0	g	Alcool	0	g
Água	54,5924	g	AGUA	51,1676	g
Energia (KCal)	139,5694		Energia (KCal)	141,035	
Energia (Kj)	592,8363		Energia (Kj)	599,0425	

Anexo H – Novos preparados de fruta desenvolvidos (registro fotográfico)

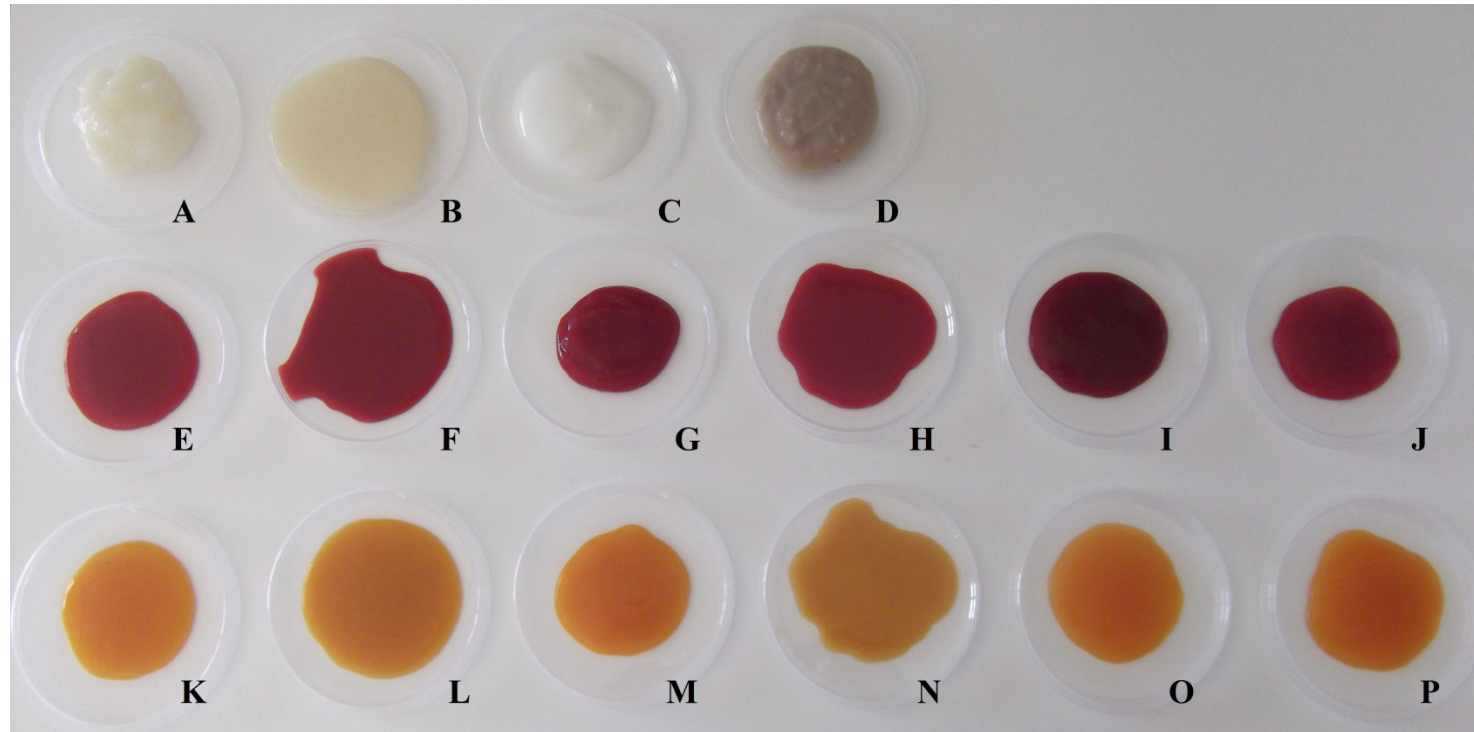


Figura 43 - Purés de farinhas pré-gelatinizadas e preparados de fruta de morango e pêsego com aplicação das mesmas (farinhas de banana-verde, amaranto, arroz e castanha): A, B, C e D – Farinhas pré-gelatinizadas; E, F, G e H – Preparados de morango; K, L, M e O – Preparados de pêsego; I e J – Preparados padrão de morango com amido nativo de arroz e amido modificado de milho, respetivamente; O e P - Preparados padrão de pêsego com amido nativo de arroz e amido modificado de milho, respetivamente.

Anexo I – Análise estatística (análise sensorial – perfil de textura em iogurte)

Tabela 22 - Análise Estatística: teste de normalidade aplicado no ensaio de análise sensorial com preparados de morango

Grupo		Teste de <i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estatística do teste	n	<i>p-value</i>
Padrão (amido modificado de milho)	Refletividade	0,915	20	0,079
	Sinerese	0,722	20	<0,001**
	Granularidade	0,839	20	0,004**
	Coesividade	0,943	20	0,274
	Gomosidade	0,951	20	0,383
	Adesividade	0,960	20	0,551
	Creiosidade	0,869	20	0,011*
	Corpo	0,914	20	0,075
Farinha de banana-verde	Refletividade	0,926	20	0,132
	Sinerese	0,773	20	<0,001**
	Granularidade	0,920	20	0,099
	Coesividade	0,953	20	0,414
	Gomosidade	0,935	20	0,192
	Adesividade	0,927	20	0,133
	Creiosidade	0,960	20	0,544
	Corpo	0,971	20	0,777
Farinha de arroz	Refletividade	0,899	20	0,034*
	Sinerese	0,800	20	0,001**
	Granularidade	0,904	20	0,049*
	Coesividade	0,902	20	0,046*
	Gomosidade	0,959	20	0,531
	Adesividade	0,916	20	0,083
	Creiosidade	0,934	20	0,181
	Corpo	0,930	20	0,151
Farinha de amaranto	Refletividade	0,911	20	0,067
	Sinerese	0,817	20	0,002*
	Granularidade	0,906	20	0,054
	Coesividade	0,896	20	0,034*
	Gomosidade	0,934	20	0,183
	Adesividade	0,899	20	0,039*
	Creiosidade	0,916	20	0,081
	Corpo	0,938	20	0,218
Farinha de castanha	Refletividade	0,942	20	0,257
	Sinerese	0,759	20	<0,001**
	Granularidade	0,867	20	0,010*
	Coesividade	0,971	20	0,773
	Gomosidade	0,935	20	0,191
	Adesividade	0,962	20	0,589
	Creiosidade	0,920	20	0,097
	Corpo	0,939	20	0,226

Tabela 23 - Análise Estatística: teste de normalidade aplicado no ensaio de análise sensorial com preparados de pêssego.

Grupo		Teste de <i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estatística do teste	n	<i>p-value</i>
Padrão (amido modificado de milho)	Refletividade	0,872	20	0,013*
	Sinerese	0,672	20	<0,001**
	Granularidade	0,913	20	0,072
	Coesividade	0,838	20	0,003*
	Gomosidade	0,939	20	0,225
	Adesividade	0,943	20	0,275
	Creiosidade	0,934	20	0,182
	Corpo	0,912	20	0,069
	Refletividade	0,934	20	0,188
	Sinerese	0,781	20	<0,001**
Farinha de banana-verde	Granularidade	0,923	20	0,111
	Coesividade	0,898	20	0,039*
	Gomosidade	0,969	20	0,727
	Adesividade	0,940	20	0,235
	Creiosidade	0,973	20	0,824
	Corpo	0,957	20	0,494
	Refletividade	0,959	20	0,518
	Sinerese	0,742	20	<0,001**
	Granularidade	0,928	20	0,142
	Coesividade	0,937	20	0,210
Farinha de arroz	Gomosidade	0,958	20	0,496
	Adesividade	0,913	20	0,074
	Creiosidade	0,953	20	0,419
	Corpo	0,964	20	0,619
	Refletividade	0,902	20	0,046*
	Sinerese	0,767	20	<0,001**
	Granularidade	0,873	20	0,013*
	Coesividade	0,745	20	<0,001**
	Gomosidade	0,831	20	0,003*
	Adesividade	0,921	20	0,106
Farinha de amaranto	Creiosidade	0,950	20	0,361
	Corpo	0,945	20	0,304
	Refletividade	0,930	20	0,154
	Sinerese	0,853	20	0,006*
	Granularidade	0,903	20	0,047*
	Coesividade	0,768	20	<0,001**
	Gomosidade	0,850	20	0,005*
	Adesividade	0,917	20	0,085
	Creiosidade	0,947	20	0,329
	Corpo	0,932	20	0,169

Tabela 24 - Análise Estatística: análise descritiva e comparação de grupos, através do método de *Kruskal-Wallis*, relativamente ao preparado de morango (análise do perfil de textura)

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Refletividade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		9,45±4,136	0,068
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	11,90±2594	7,45±5,145	0,008**
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		8,75±3,712	0,007**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		10,30±2,993	0,076

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Sinerese (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		2,65±3,588	0,657
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	2,15±3,232	3,00±3,825	0,501
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		2,95±3,517	0,426
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		2,90±3,740	0,491

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Granularidade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		4,45±3,591±	0,176
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	2,90±2,972	5,35±4,428	0,060
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		4,35±3,717	0,235
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		3,50±3,086	0,344

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Coabilidade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		5,70±2,812±	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz		7,65±2,681	0,030*
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto	9,70±2,812±	3,45±2,564	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		5,50±2,685	<0,001**

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Gomosidade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		6,45±3,441	0,056
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz		8,15±2,815	0,605
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto	8,75±3,307	4,00±3,061	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		4,65±3,313	0,001**

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Adesividade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		6,65±2,661	0,074
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz		6,20±2,668	0,022*
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto	8,25±2,552	3,95±3,332	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		5,35±2,455	0,001**

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Creiosidade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		5,75±2,337	0,019*
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	7,65±3,133	7,65±2,852	0,662
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		4,30±3,011	0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		5,20±2,215	0,005**
	Padrão (Média ± desvio padrão)	Corpo/Viscosidade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		6,40±2,415	0,010*
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	8,65±3,216	7,80±2,142	0,168
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		4,45±3,000	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		5,70±2,473	0,002**

Tabela 25 - Análise Estatística: análise descritiva e comparação de grupos, através do método de Kruskal-Wallis, relativamente ao preparado de pêssego.

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Refletividade (Média ± desvio padrão)	<i>p-value</i>
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		10,25±3,508	0,713
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	10,50±3,749	9,40±3,733	0,253
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		10,60±3,691	0,891
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		9,20±4,150	0,201
	Padrão (Média ± desvio padrão)	Sinerese (Média ± desvio padrão)	<i>p-value</i>
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		2,45±3,2196	0,382
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	1,55±2,5231	2,10±3,042	0,562
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		3,25±4,179	0,183
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		3,00±3,325	0,114
	Padrão (Média ± desvio padrão)	Granularidade (Média ± desvio padrão)	<i>p-value</i>
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		4,65±3,265	0,644
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	5,40±4,260	5,30±3,230	0,946
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		4,60±3,283	0,596
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		5,75±3,796	0,724

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Coesividade (Média ± desvio padrão)	<i>p-value</i>
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		4,40±3,885	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	9,40±2,945	7,90±3,508	0,070
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		4,20±3,172	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		3,85±3,183	<0,001**

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Gomosidade (Média ± desvio padrão)	<i>p-value</i>
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		6,20±3,238	0,004**
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	9,10±2,770	5,70±3,466	0,002**
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		4,70±3,114	<0,001**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		8,65±4,069	0,785

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Adesividade (Média ± desvio padrão)	<i>p-value</i>
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		5,85±3,100	0,037*
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	8,05±3,035	4,60±3,409	0,003**
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		5,35±3,100	0,011*
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		8,05±4,261	0,849

	Padrão (Média ± desvio padrão)	Creiosidade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		6,40±3,347	0,115
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	8,00±3,524	4,75±2,971	0,004**
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		6,00±3,770	0,085
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		6,25±4,038	0,170
	Padrão (Média ± desvio padrão)	Corpo/Viscosidade (Média ± desvio padrão)	p-value
Padrão (E1422) vs Farinha de banana-verde		7,10±3,093	0,026*
Padrão (E1422) vs Farinha de arroz	9,15±2,834	5,95±3,154	0,003**
Padrão (E1422) vs Farinha de amaranto		5,90±3,059	0,002**
Padrão (E1422) vs Farinha de castanha		7,00±4,104	0,100

Anexo J – Aplicação de preparados com amido nativo de arroz ou farinha de arroz pré-gelatinizada em iogurte

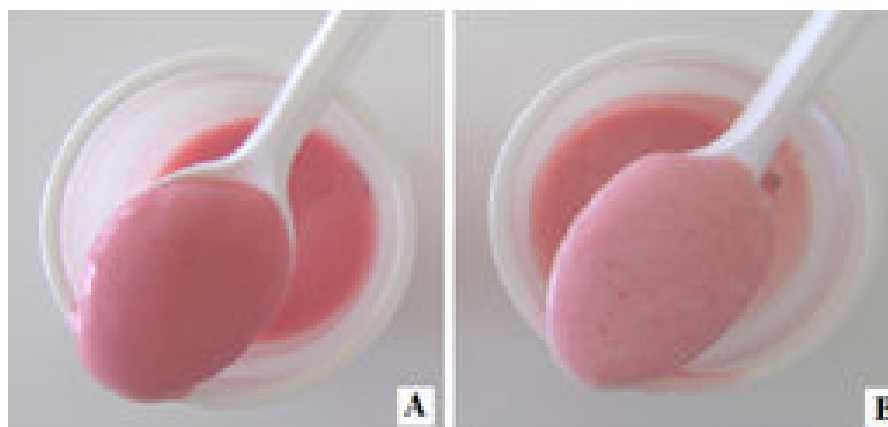


Figura 44 - Iogurtes de morango: A – incorporação de preparado com amido nativo de arroz; B – Incorporação de preparado com farinha de arroz pré-gelatinizada.

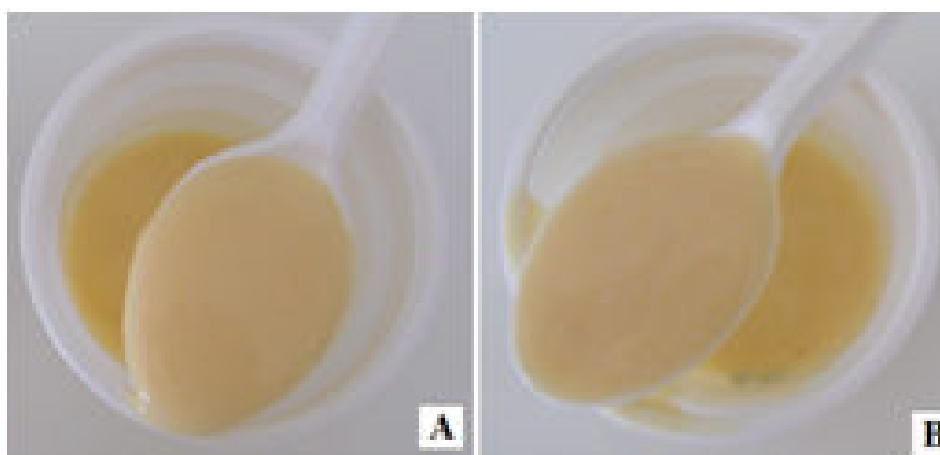


Figura 45 - Iogurte de pêsego: A – incorporação de preparado com amido nativo de arroz; B – Incorporação de preparado com farinha de arroz pré-gelatinizada.

Anexo K – Revisão bibliográfica de patentes

Nº da patente/ Data	Título	Objetivo/Aplicações	Métodos/ Determinações	Condições
US 6,235,894 B1 Maio 22, 2001	<i>Stabilized high viscosity starches</i> [56]	Estabilizar soluções de amido quando atingem ponto mais alto de viscosidade; Evitar quebra de viscosidade perante a exposição a elevada T ^a ; Substituição dos amidos que são obtidos por modificação química; Aplicação em espessantes para sopas, molhos e sobremesas;	Tratamento de amidos com cloro ativado (hipoclorito), em condições alcalinas; Aplicação preferencial em amidos cerosos, de raízes e tubérculos: milho, batata, cevada etc.	[Cloro ativado] = 500-2000 ppm, na forma de sais. Ex. NaClO – reagente químico mais usado na modificação de amido, aplicação alimentar; Em vez de hipoclorito, usar combinação de reagentes capazes de formar cloro ativado <i>in situ</i> : ácido paracético e/ou H ₂ O ₂ , na presença de iões cloreto em excesso; pH entre 8,5 e 10,5; tempo de reação entre 0,25h e 5h; T ^a de reação entre 10 a 55°C;
US, 6,809,197 B1 Outubro 26, 2004	<i>Emulsion stabilizing starch products</i> [57]	Método de preparação de amido modificado com boas propriedades de hidratação e estabilidade de emulsões, em água quente ou fria.	1. Cross-linking do amido nativo (usando preferencialmente fosfato) 2. Reação de substituição (à superfície dos grânulos) usando agentes hidrofóbicos (ácidos ou ácidos anídridos com cadeia lateral de hidrocarbonetos).	

<p>US 2005/0048168 A1</p>	<p><i>Starch frozen desserts</i> [58]</p>	<p>Funcionalizar amido de tal forma que se possa substituir pelo menos uma quantidade dos restantes ingredientes da formulação da sobremesa: estabilizantes, emulsificantes etc;</p> <p>Funcionalizar amido capaz de formar gel quando exposto repetidamente a um ciclo de temperatura entre -18,20 e -6,7°C. (“<i>quick gelling functional starch</i>”);</p> <p>Sobremesas congeladas (gelados, leite gelado, sorvetes etc) com características estruturais melhoradas</p>	<p>Métodos de funcionalização aplicados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conversão ácida; • Tratamento com (PO) e oxicloreto de fósforo (POCl₃); • Tratamento com gás cloreto de hidrogénio anidro; • Conversão enzimática 	
<p>US 75,797,985 Agosto 25, 1998</p>	<p><i>Banana starch production</i> [59]</p>	<p>Extração de amido a partir de banana-verde, com rendimento de 20,1%;</p> <p>Aproveitamento das bananas que não seguem para o mercado de distribuição por não terem calibre - corresponde a 25% de desperdício.</p>	<p>Tratamento com bissulfato de sódio e acção das enzimas naturais presentes na banana (para libertação dos grânulos de amido da banana)</p>	<p>Triturar bananas e coloca-las em contacto com 200g de uma solução aquosa de bissulfato de sódio 1%, a pH 4,5 (10 minutos num misturador);</p> <p>4h a 40°C. (condições ideais para ativação das poligalacturonases e outras enzimas que hidrolizam ativamente as paredes celulares). Filtrar dispersão com filtro de 75µm</p> <p>Lavagem com pequena quantidade de água e centrifugação para precipitação do amido.</p>

<p>US 5,753,468 Maio 19, 1998</p>	<p><i>Stable high viscosity starch based adhesive and method of preparation</i> [60]</p>	<p>Produção de amido com as seguintes características: capacidade de adesão, estabilidade quando reservado por tempo prolongado e força de ligação;</p> <p>Não requer derivatização química nem aplicação de alta-pressão para obter propriedades funcionais desejadas;</p> <p>Aplicação como adesivo em papel e em embalagens de cigarros.</p>	<p>Processo de 3 etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gelatinização do amido (55-170°C); 2. Conversão enzimática, com α-amilase, ou ácida; 3. Conversão enzimática, com β-amilase. 	<p>Amido usado: com $\geq 95\%$ de amilopectina (amidos cerosos: milho, arroz, sorgo); amido não modificado.</p> <p>Medições de viscosidade usando viscosímetro <i>Brookfield</i>; (20rpm; 22,5°C)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gelatinização do amido: 55-170°C; • 1ª conversão: enzimática (60-80°C a pH 4,5-7,5) ou ácida (adição de ácido mineral - HCl, ou H₂SO₄); • 2ª conversão: enzimática (50-70°C; pH 4,5-7,5)
---------------------------------------	--	---	---	--

A escolha das enzimas, o tempo, a T^a de reação e o tipo de amido variam com o grau de conversão que se pretende obter.

<p>US, 5,445,950</p> <p>Agosto 29, 1995</p>	<p><i>Method of using α-amilase to prepare slightly decomposed starch granules having low viscosity</i> [61]</p>	<p>Produção de grânulos de amido com características modificadas: baixa viscosidade;</p> <p>Útil na preparação de “<i>instant liquid foods</i>” e como base para produção de várias comidas.</p>	<p>Conversão enzimática de amido nativo dissolvido em água com α-amilase e/ou glucoamilase.</p>	<p>Usam 5 diferentes tipos de arroz polido e alguns amidos comerciais: amido de milho, batata, trigo e batata-doce. Os amidos de arroz são purificados usando o método alcalino (0,25% de HCl) e secos, sob pressão, a 40°C.</p> <p>Reação enzimática em tampão ou água, nas seguintes condições: 25-40°C, 1-4h;</p>
---	--	--	---	--

<p>US, 6,231,675 B1 e B2 Maio 15, 2001</p>	<p><i>Thermally-inhibited non-pregelatinized granular starches and flours and process for their preparation</i> [62]</p>	<p>Processo de inibição térmica de amidos e farinhas. “Inibição” - tratamento que impede a quebra na viscosidade e no inchamento dos grânulos de amido. Ex.: amidos modificados por <i>cross-linking</i> são amidos inibidos.</p> <p>Pretende substituir o processo <i>cross-linking</i> pela aplicação de um tratamento térmico, evitando o uso de agentes químicos - perigosos para aplicação alimentícia.</p> <p>Produção de amidos mais resistentes à quebra de viscosidade e cuja T^a de gelatinização não aumenta após o tratamento a que são sujeitos;</p> <p>Exemplo de aplicações - molho <i>barbecue</i></p>	<p>Processo de 3 etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ajuste de pH para valor neutro ou básico 2. Desidratação dos grânulos de amido ou farinhas para forma anídrica (humidade <1%) 3. Tratamento térmico dos produtos desidratados até que o amido fique “inibido”. 	<p>Preparar solução aquosa de amido ou farinha (1,5-2,0 partes de água para 1,0 partes de amido ou farinha); 30-40% de sólidos solúveis;</p> <p>Acerto de pH com adição de base (solução de carbonato de sódio, 5%) para pH 8-9,5; pH >12 - gelatinização ocorre mais facilmente;</p> <p>Tampão para manter o pH (fosfato de sódio)</p> <p>Desidratação: Pode ser <u>térmica</u> - ocorre em simultâneo com o tratamento térmico (100-120°C); <u>não térmica</u> - extração por solvente (etanol); ou por <u>liofilização</u></p> <p>Tratamento térmico: 160°C, até 20h; T^a depende do nível de inibição desejada e da velocidade a que se pretende que esta ocorra; preferência por aplicação de calor seco ou num ambiente de gás inerte (Forno conventual: 3,5-4,5h; Leito fluidizado: 0,5-3,0h)</p>
--	--	--	---	---

