

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rúben Daniel Matos Barbosa

**Caracterização e Otimização dos Processos
Unitários no Desenvolvimento de Produtos de
Base Vegetal**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Rúben Daniel Matos Barbosa

**Caracterização e Otimização dos
Processos Unitários no Desenvolvimento
de Produtos de Base Vegetal**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Trabalho efetuado sob orientação do

Professor Doutor Ricardo Nuno Correia Pereira



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rúben Daniel Matos Barbosa

**Caracterização e Otimização dos
Processos Unitários no Desenvolvimento
de Produtos de Base Vegetal**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Trabalho efetuado sob orientação do

Professor Doutor Ricardo Nuno Correia Pereira

Mestre João Pedro Cardoso de Figueiredo

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimentos

A realização deste estágio e a elaboração da presente dissertação representou para mim a conquista de um desafio pessoal. No decorrer deste percurso, existiram momentos de dificuldade e obstáculos que puseram em causa a força da minha determinação, por tal motivo, tive de arranjar forças nas pessoas que me rodeavam e nas que me eram mais próximas e queridas.

Começo por agradecer a ambos os meus orientadores que me acompanharam desde o início na realização deste projeto, o Professor Doutor Ricardo Nuno Correia Pereira e ao Mestre João Pedro Cardoso de Figueiredo, depositando em mim a sua confiança, além de me terem disponibilizado o seu tempo, esclarecendo as dúvidas que me foram aparecendo na elaboração desta dissertação.

Gostaria de agradecer aos membros da equipa da Benefit, Sofia Xavier e Ricardo Taveira, assim como à Carolina Pinto, membro da Frulact, por me aconselharem, pela disponibilidade prestada, e pelos momentos de companheirismo e memórias partilhadas no decorrer deste ano.

Um agradecimento especial a todos os meus amigos, pela motivação prestada no decorrer desta etapa, pelos momentos de diversão e carinho que facilitaram a superação dos obstáculos que foram emergindo no decorrer deste percurso. Um agradecimento especial ao meu amigo de infância Tiago Ribeiro, pelo seu tempo disponibilizado nas imensas leituras e revisões desta dissertação.

Um imenso obrigado aos meus irmãos, pelo suporte incondicional, pelo incentivo que sempre ofereceram, pelas palavras de sensatez, pelas discussões de ideias e por serem o meu modelo. Não esquecendo os que já partiram, mas deixaram comigo conhecimentos, memórias e lições de vida, que me incentivaram a ser quem sou hoje.

O último agradecimento e o mais especial é dirigido aos meus pais, por todo o esforço realizado para que a concretização deste sonho fosse possível, pelo exemplo que me deram quer em palavras, quer em ações, pela compaixão que demonstram em cada passo que dei e pelos valores que me transmitiram. Obrigada por serem quem são, a vós devo tudo e como forma de agradecimento e do amor que sinto por vocês dedico-vos todo este trabalho e percurso académico.

Por fim e não esquecendo ninguém, dedico todas as palavras de carinho e reconhecimento a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação e a finalização deste percurso.

Um sincero obrigado!

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Caracterização e Otimização dos Processos Unitários no Desenvolvimento de Produtos de Base Vegetal

Resumo

Os produtos alimentares desenvolvidos à base de ingredientes vegetais têm sido cada vez mais solicitados, refletindo um crescimento acentuado entre os anos de 2018 a 2021, nos Estados Unidos da América. De facto, também na Europa este setor demonstra uma expansão ao longo dos últimos anos, sendo que em Portugal este cenário tornou-se mais proeminente desde 2015. Ainda assim, quando comparado com países presentes na mesma zona geográfica, ainda se mantém como um dos que possui menor parcela no mercado retalhista.

Deste modo, para cativar o interesse dos consumidores, a indústria responsável pela produção destes alimentos necessita extrapolar as suas fronteiras, promovendo produtos competitivos. Assim sendo, o departamento da Benefit manifestou o seu interesse no desenvolvimento de um estudo focado na caracterização e otimização dos processos unitários utilizados no desenvolvimento de produtos de base vegetal.

Para tal, foram acompanhadas a produção de quatro bases concentradas, para as quais foram supervisionadas três produções em diferentes dias, a fim de monitorizar um conjunto de parâmetros, os quais: as condições físicas do processo, como o tempo e a temperatura; a análise físico-químico do produto, envolvendo o cálculo da concentração de glucose, da viscosidade, do teor de sólidos totais e do teor de sólidos solúveis; e por fim foi realizada a análise do produto por uma entidade externa.

Neste sentido, foram elucidadas as possíveis interações entre as características físico-químicas de cada um dos concentrados produzidos e as características do processo, por exemplo: na referência BEN 534, um período de cerca 30 minutos e uma temperatura de 60 °C é o suficiente para aumentar a concentração de glucose até 68,84 g/L, cenário refletido também nas restantes referências; e na referência BEN 655, é verificado que a produção com maior viscosidade, de 128 cP, apresenta uma elevada quantidade de produto orgânico formado, de 468 Kg, e o menor rendimento da separação, de 82,18 %, contexto que também é retificado nas referências adicionais.

Na verdade, apesar de não ter sido possível otimizar a linha de produção, a sua caracterização permitiu constatar que embora a linha de produção satisfaça as necessidades atuais da empresa, a obtenção deste conjunto de resultados facilita salientar uma série de parâmetros que podem ser manipulados em futuros estudos, com o intuito de atender as futuras exigências de novos clientes.

Palavras-Chaves: alimentos de base vegetal; ingredientes de base vegetal; produção de concentrados; caracterização dos processos unitários; características dos concentrados

Characterization and Optimization of the Unit Processes in the Development of Plant-Based Products

Abstract

Food products developed based on plant-based ingredients have been increasingly requested, reflecting a marked growth between 2018 and 2021, in the United States of America. In fact, in Europe this sector has also shown an expansion over the last few years, and in Portugal this scenario has become more prominent since 2015. Even so, when compared to countries present in the same geographical area, it still remains one of the which has a smaller share of the retail market.

Therefore, to capture the interest of consumers, the industry responsible for producing these foods needs to go beyond its borders, promoting competitive products. Therefore, the Benefit department expressed its interest in developing a study focused on the characterization and optimization of unitary processes used in the development of plant-based products.

To this end, the production of four concentrated bases was monitored, for which three productions were supervised on different days, in order to monitor a set of parameters, which were: the physical conditions of the process, such as time and temperature; the physical-chemical analysis of the product, involving the calculation of glucose concentration, viscosity, total solids content and soluble solids content; and finally, the product was analyzed by an external entity.

In this sense, possible interactions between the physical-chemical characteristics of each of the concentrates produced and the characteristics of the process were elucidated, for example: in reference BEN 534, a period of around 30 minutes and a temperature of 60 °C is sufficient to increase glucose concentration up to 68,84 g/L, which is also reflected in other references; and in the reference BEN 655, it is verified that the production with the highest viscosity, of 128 cP, presents a high amount of organic product formed, of 468 kg, and the lowest separation yield, of 82,18 %, a context that is also rectified in additional references.

In fact, although it was not possible to optimize the production line, its characterization allowed us to verify that although the production line satisfies the company's current needs. Obtaining this set of results makes it easier to highlight a series of parameters that can be manipulated in future studies, with the intention of meeting the future demands of new customers.

Keywords: plant-based foods; plant-based ingredients; production of concentrates; characterization of unit processes; characteristics of concentrates

Índice

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros	ii
Agradecimentos	iii
Declaração de Integridade.....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xv
Lista de Abreviaturas.....	xvii
1. Introdução	1
1.1 Organização da Dissertação.....	1
1.2 Motivação	1
1.3 Apresentação do Grupo Empresarial Frulact.....	2
1.3.1 Apresentação do Departamento da Benefit.....	3
1.4 Objetivos	4
2. Enquadramento Teórico	4
2.1 Definição de Produtos e da Dieta à Base de Plantas	4
2.2 Características Nutricionais de Uma Dieta à Base de Produtos de Origem Animal versus Vegetal	6
2.2.1 Desafios Nutricionais de Uma Dieta à Base de Plantas	9
2.3 Impactos Ambientais de Uma Dieta à Base de Produtos de Origem Animal versus Vegetal	12
2.4 Mercado Global de Produtos à Base de Plantas.....	14
2.4.1 Mercado Português de Produtos à Base de Plantas.....	15
2.5 Produção de Ingredientes à Base de Plantas	17
2.5.1 Produção de Concentrados à Base de Plantas	18
2.6 Aquecimento Óhmico.....	20

3.	Metodologia	24
3.1	Parâmetros Físicos do Processo	25
3.2	Concentração de Glucose	26
3.3	Viscosidade.....	26
3.4	Teor de Sólidos Totais.....	27
3.5	Teor de Sólidos Solúveis	28
3.6	Análise dos Parâmetros Nutricionais Gerais.....	29
3.7	Aquecimento Ôhmico.....	29
3.8	Tratamento de Dados	30
4.	Resultados e Discussão	30
4.1	Avaliação dos Parâmetros Físicos de Produção	30
4.1.1	Rendimento da Produção	32
4.2	Análise dos Aspectos Físico-Químicos das Bases Concentradas	34
4.2.1	Evolução da Concentração da Glucose ao Longo da Etapa de Mistura	34
4.2.2	Viscosidade Após a Etapa de Mistura	38
4.2.3	Teor de Sólidos Totais da Base Concentrada Após a Etapa de Mistura e o Teor de Humidade do Produto Orgânico Formado Após a Separação	44
4.2.4	Teor de Sólidos Solúveis, Concentração de Glucose e Teor de Sólidos Totais Após a Etapa de Separação	45
4.2.5	Teor de Sólidos Solúveis, Concentração de Glucose e Teor de Sólidos Totais Após a Etapa de Tratamento Térmico	46
4.2.6	Análise dos Parâmetros Nutricionais Gerais.....	49
4.2.7	Teste do Aquecimento Ôhmico.....	52
5.	Conclusão	53
6.	Anexos.....	55
6.1	Anexo 1	55
6.2	Anexo 2	56

6.3	Anexo 3.....	57
6.4	Anexo 4.....	58
7.	Referências Bibliográficas.....	63

Índice de Figuras

Figura 1 – Principais motivos para a migração de uma dieta à base de produtos animais, para uma dieta à base de produtos de origem vegetal. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado pela Plant Based Foods Institute et al., 2022.	2
Figura 2 - Os principais alimentos básicos presentes nas primeiras culturas humanas. Imagem adaptada do artigo publicado por Leitzmann, 2014.	5
Figura 3 - Pirâmide da dieta tradicional mediterrânea que descreve as diretrizes alimentares para adultos na Grécia. De modo que, 1 porção é definida pela regulamentação do mercado grego. Imagem adaptada do artigo publicado por Trichopoulou e Vasilopoulou, 2000.	6
Figura 4 - Evolução da produção de carne nos diferentes continentes, desde 1961 até 2021. Imagem adaptada do artigo publicado por Ritchie et al., 2023, a qual foi baseada nos dados disponibilizados pela Food and Agriculture Organization (FAO).....	6
Figura 5 - Tipos de ácidos gordos insaturados, as suas funções, e os alimentos no qual se encontram. Imagem adaptada do artigo publicado por Kapoor et al., 2021.	11
Figura 6 - Área ocupada para produzir 1000 quilocalorias de um determinado produto, quer este seja de origem animal ou vegetal. Imagem adaptada do artigo publicado por Ritchie, 2021.....	14
Figura 7 - Visão geral do resumo de vendas de produtos à base de plantas vendidos na Europa, sendo que a letra “B” corresponde a bilhões e a letra “M” a milhões. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado pela Good Food Institute Europe, 2022.	15
Figura 8 - Visão geral do resumo de vendas dos produtos à base de plantas vendidos em Portugal, no qual a letra “M” corresponde a milhões. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado pela Good Food Institute Europe, 2022.	16
Figura 9 - Comparação entre o número de unidades vendidas, em Portugal, de diferentes categorias de produtos, quer de origem animal ou derivados de plantas. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado por Good Food Institute Europe, 2022.....	17
Figura 10 - Representação esquemática dos métodos utilizados na produção de xaropes ou bases concentradas de origem vegetal. Informação sintetizada das patentes elaboradas por Mitchell et al., 1986; Whalen e Elk, 2001	19
Figura 11 - Representação da hidrólise do amido, catalisada pela alfa-amilase e pela gluco-amilase. Imagem adaptada do artigo publicado por Mohammadi-Khanaposhtani et al., 2021.....	20
Figura 12 – Esquematização de um equipamento de aquecimento óhmico. Imagem adaptada do artigo publicado por Richardson, 2001.....	21

Figura 13 - Representação gráfica da taxa de aquecimento ôhmico de vários componentes não tratados presentes num chow mein de frango aquecidos juntos (A) e a taxa de aquecimento ôhmico de vários componentes presentes num chow mein de frango, o quais foram previamente balanceados de modo a ter uma condutividade elétrica semelhante (B). Imagem adaptada do artigo publicado por Ramaswamy et al., 2012.	23
Figura 14 - Representação esquemática da disposição dos eletrodos quando aplicada a técnica de aquecimento ôhmico a uma linha de tratamento contínua. Desta forma, no esquema (A) é visível que o campo elétrico está disposto de forma paralela ao fluxo do produto, e no esquema (B) o campo elétrico está disposto de forma perpendicular ao fluxo do produto. Imagem adaptada do artigo publicado por Anderson e Aramouni, 2003.	23
Figura 15 - Esquematização da organização dos grupos de estudos acompanhados ao longo do estágio concebido em contexto empresarial.	25
Figura 16 - Equipamento WineLlab, utilizado na medição da concentração de glucose das amostras recolhidas. Imagem retirada do site oficial da FoodLab, 2024.	26
Figura 17 - Equipamento Brookfield DV-II+Pro, utilizado na medição da viscosidade das amostras recolhidas. Imagem retirada do documento de utilização, publicado por Fullbrook, 2015.	27
Figura 18 - Equipamento Halogen Moisture Analyzer HE73, utilizado na medição do teor de sólidos totais das amostras recolhidas. Imagem retirada do site oficial da Mettler Todelo, 2024.	27
Figura 19 - Equipamento RX-5000i, utilizado para medir a percentagem de teor de sólidos solúveis das amostras. Imagem retirada do site oficial da Cetec, 2024.	29
Figura 20 - Representação gráfica da concentração de glucose (1) e da temperatura (2), para cada uma das produções acompanhadas, referente à referência BEN 524. Além do mais, estas mesmas produções encontram-se identificadas segundo o seguinte princípio: a primeira produção diz respeito aos gráficos com a letra (A); a segunda produção corresponde à letra (B); e por fim a terceira produção diz respeito aos gráficos representados como (C).	35
Figura 21 - Representação gráfica da concentração de glucose (1) e da temperatura (2) para cada uma das produções acompanhadas, referente à referência BEN 663. Além do mais, estas mesmas produções encontram-se identificadas segundo o seguinte princípio: a primeira produção diz respeito aos gráficos com a letra (A); a segunda produção corresponde à letra (B); e por fim a terceira produção diz respeito aos gráficos representados como (C).	36
Figura 22 - Representação gráfica da concentração de glucose (1) e da temperatura (2) por cada uma das produções acompanhadas, referentes à referência BEN 655. Além do mais, estas mesmas	

produções encontram-se identificadas segundo o seguinte princípio: a primeira produção diz respeito aos gráficos com a letra (A); a segunda produção corresponde à letra (B); e por fim a terceira produção diz respeito aos gráficos representados como (C)..... 37

Figura 23 - Representação da viscosidade avaliada após a etapa da mistura, para a referência BEN 524, ao longo das diversas produções, sendo estas identificadas como: a primeira produção corresponde à letra (A); a segunda produção diz respeito à letra (B); e por fim a terceira produção encontra-se identificada com a letra (C). 39

Figura 24 - Representação gráfica do volume centrifugado e da quantidade de produto orgânico formado durante cada uma das produções acompanhadas, associadas à referência BEN 524..... 40

Figura 25 - Representação da viscosidade avaliada após a etapa da mistura, para a referência BEN 663, durante as diversas produções, sendo estas identificadas como: a primeira produção corresponde à letra (A); a segunda produção diz respeito à letra (B); e por fim a terceira produção encontra-se identificada com a letra (C). 41

Figura 26 - Representação gráfica do volume centrifugado e da quantidade de produto orgânico formado durante cada uma das produções acompanhadas, associadas à referência BEN 663..... 41

Figura 27 - Representação da viscosidade avaliada após a etapa da mistura, para a referência BEN 655, durante as diversas produções, sendo estas identificadas como: a primeira produção corresponde à letra (A); a segunda produção diz respeito à letra (B); e por fim a terceira produção encontra-se identificada com a letra (C). 42

Figura 28 - Representação gráfica do volume centrifugado e da quantidade de produto orgânico formado durante cada uma das produções acompanhadas, associadas à referência BEN 655..... 43

Figura 29 - Representação gráfica do valor médio e do desvio-padrão do teor de sólidos solúveis, da concentração de glucose, e do teor de sólidos totais antes (A) e após (B) a etapa do tratamento térmico, relativamente à referência BEN 524. 47

Figura 30 - Representação gráfica do valor médio e do desvio-padrão do teor de sólidos solúveis, da concentração de glucose, e do teor de sólidos totais antes (A) e após (B) a etapa do tratamento térmico, relativamente à referência BEN 663. 47

Figura 31 - Representação gráfica do valor médio e do desvio-padrão do teor de sólidos solúveis, da concentração de glucose, e do teor de sólidos totais antes (A) e após (B) a etapa do tratamento térmico, relativamente à referência BEN 655. 48

Figura 32 - Quadro de intervenção para redução do consumo de carne. Imagem adaptada do artigo publicado por Kwasny et al., 2022. 55

Figura 33 - Exemplos de diferentes tipo de intervenção para a redução do consumo de carne. Dado que, quanto mais escuro a tonalidade da cor, mais controversa é a ação, mas maior a possibilidade de causar efeito. Imagem adaptada do artigo publicado por Rust et al., 2020.....	56
Figura 34 - Representação esquemática das condições físicas, às quais o produto de cada referência monitorizada é submetido, até à uma etapa de armazenamento intermédio.	57

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Identificação das bases concentradas, escolhidas para monitorizar e acompanhar as suas produções.....	24
Tabela 2 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associados ao tempo e às temperaturas atingidas em cada fase da mistura, referentes a cada tipo de referência monitorizada. .	30
Tabela 3 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associado à quantidade de produto centrifugado, do tempo de separação, à quantidade de produto orgânico formado e à quantidade de base armazenada para cada uma das referências monitorizadas.....	31
Tabela 4 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associado à quantidade de matéria-prima utilizada e à quantidade de produto embalado, em cada uma das referências monitorizadas. ..	32
Tabela 5 - Representação do rendimento teórico e do rendimento real no fim do processo, calculado a partir da equação 2 em cada umas das referências monitorizadas.....	33
Tabela 6 - Representação do rendimento real, da etapa de separação, em cada uma das referências monitorizadas. Para tal, foi aplicada novamente a equação 2, após sujeita às alterações necessárias.	33
Tabela 7 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associado à concentração de glucose e à temperatura, das amostras recolhidas durante a fase de cozimento, em cada uma das referências monitorizadas.	34
Tabela 8 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão associado à viscosidade, referente a cada uma das referências monitorizadas, após aplicação de três velocidades de rotação distintas ..	39
Tabela 9 - Representação do rendimento real da etapa de separação, em cada uma das produções da referência BEN 524, sendo que, para tal, foi aplicada a equação (2), após aplicada a divisão entre a quantidade de base armazenada na etapa intermediária e a quantidade de base centrifugada.	40
Tabela 10 - Representação do rendimento real da etapa de separação, em cada uma das produções da referência BEN 663, sendo que, para tal, foi aplicada a equação (2), após aplicada a divisão entre a quantidade de base armazenada na etapa intermediária e a quantidade de base centrifugada.	42
Tabela 11 - Representação do rendimento real da etapa de separação, em cada uma das produções da referência BEN 655, sendo que, para tal, foi aplicada a equação (2), após aplicada a divisão entre a quantidade de base armazenada na etapa intermediária e a quantidade de base centrifugada.	43
Tabela 12 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão associado ao teor de sólidos totais da base, bem como ao teor de humidade do produto orgânico, em cada uma das referências monitorizadas.	44

Tabela 13 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão associado ao teor de sólidos solúveis, à concentração de glucose e ao teor de sólidos totais, em cada uma das referências monitorizadas.	45
Tabela 14 – Análise dos parâmetros nutricionais gerais, elaborada por uma entidade externa, após a receção das amostras, implícitas a cada uma das referências monitorizadas, após a etapa de mistura.	49
Tabela 15 - Ficha de registo utilizada para documentar cada um dos valores recolhidos, em cada uma das produções monitorizadas. No entanto, neste caso foi modificada de forma a exibir o valor médio de ambas as produções acompanhadas, para a referência BEN 785, que devido a dificuldades, tornou inexequível o acompanhamento da terceira produção e consequentemente inadequada a discussão destes valores.	58

Lista de Abreviaturas

- AA – Ácido Araquidónico
- ALA – Ácido α -Linolênico
- EFA – Ácidos Gordos Essenciais
- EPA – Ácido Eicosapentanoico
- GEE – Gases Efeito Estufa
- IARC – Agência Internacional de Pesquisa sobre o Cancro
- LA – Ácido Linoleico
- OGM – Organismo Geneticamente Modificado
- UHT – Ultrapasteurização

1. Introdução

1.1 Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em sete tópicos principais, de tal modo que o primeiro corresponde à introdução, a qual integra três subtópicos: a motivação; os objetivos; e o enquadramento da empresa na qual foi desenvolvido o tema de estágio.

Seguidamente, é abordado o enquadramento teórico, no qual são discutidos conceitos pertinentes para a compreensão do trabalho elaborado, como: a definição dos produtos e da dieta à base de plantas; as características nutricionais das dietas à base de produtos animais e vegetais; entre outros.

No terceiro tópico, são referidos os materiais e métodos utilizados na coleta dos resultados, apresentados e discutidos na secção seguinte, nomeada de resultados e discussão.

Posteriormente, é apresentada a conclusão onde são salientados os pontos mais pertinentes de todo trabalho. Por fim, os últimos dois tópicos são relativos à referência bibliográfica e aos anexos que se demonstraram pertinentes.

1.2 Motivação

O setor do mercado alimentar, responsável pela venda de produtos de base vegetal, tem vindo a demonstrar um rápido crescimento ao longo dos últimos anos, revelado pelo aumento de vendas de cerca de 2,43 bilhões de euros entre os anos de 2018 e 2021, nos Estados Unidos da América. Efetivamente, é previsto que este setor mercantil continue a evoluir até 2029, atingindo um acréscimo correspondente a cerca de 12,4 %, o que coincide com um valor monetário em torno de 89,43 bilhões de euros (Buxton, 2023; Plant Based Foods Institute et al., 2022; Popova et al., 2023).

Na verdade, este crescimento aparenta estar associado ao aumento da consciência do consumidor atual no modo como as suas escolhas afetam tanto questões pessoais, por exemplo a saúde, como questões sociais e de consciencialização ambiental. De facto, segundo a **figura 1**, os fatores que mais influenciam a procura e comercialização de produtos à base de plantas são as questões associadas à saúde, ao sabor e ao *flavour* (Boukid, 2020; Good, 2022; Plant Based Foods Institute et al., 2022).

Deste modo, para continuar a cativar o interesse dos consumidores, é necessário que as indústrias focadas na produção destes tipos de artigos continuem a aproximar as fronteiras, desenvolvendo novos

produtos, capazes de competir contra os produtos de origem animal, quer a partir de um preço menor, ou que demonstram serem mais convenientes (Good Food Institute Europe, 2022).

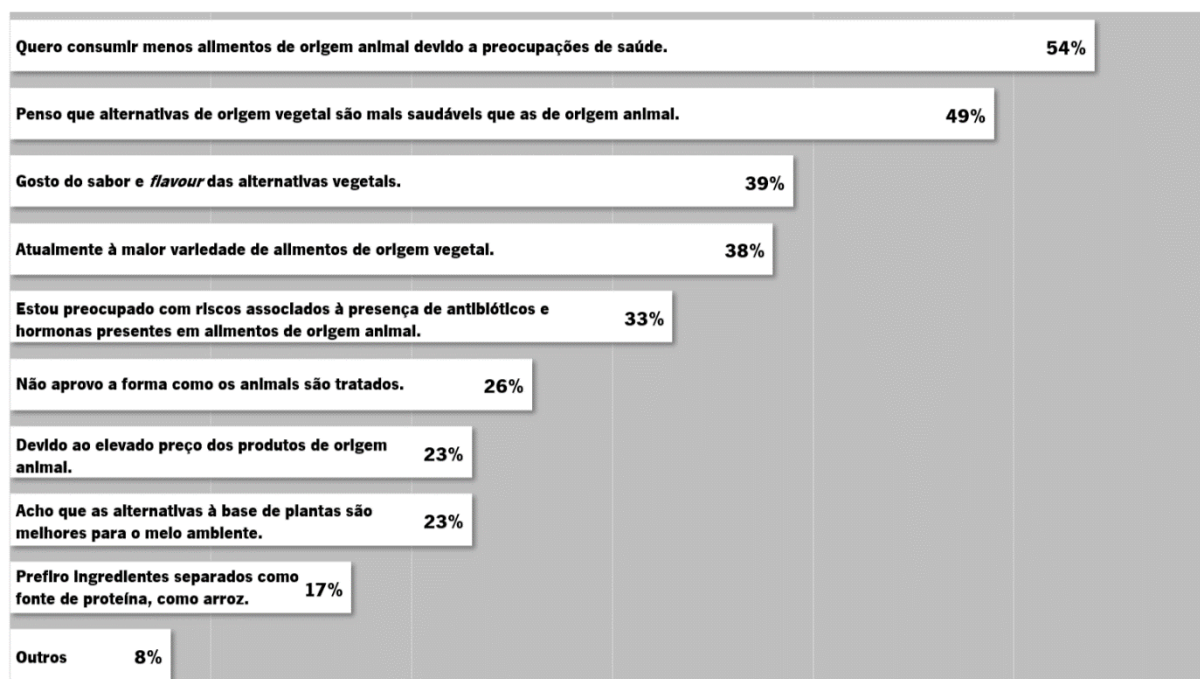


Figura 1 – Principais motivos para a migração de uma dieta à base de produtos animais, para uma dieta à base de produtos de origem vegetal. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado pela Plant Based Foods Institute et al., 2022.

Neste sentido, a caracterização e otimização dos processos unitários no desenvolvimento de produtos de base vegetal pode contribuir para a diminuição dos custos de produção, e subsequentemente redução do custo final do produto, juntamente com o aumento de produtividade.

1.3 Apresentação do Grupo Empresarial Frulact

A Frulact é um grupo empresarial, fundada em 1987, focado na produção de preparados de fruta e de ingredientes de base vegetal, tendo a capacidade de abastecer diferentes setores da indústria alimentar com os seus ingredientes de valor acrescentado (Frulact, 2023e).

De facto, este grupo é constituído por três unidades de negócio, sendo estas intituladas por Frulact, Frusenses e Benefit. Além do mais, ambas as três unidades têm como pilar o conhecimento e a valorização do que é natural, acrescentando valor aos seus produtos através: da inovação; de metodologias de processamento eficientes; da aposta nas tendências; ou antecipando as necessidades do consumidor.

Dessa forma, possibilita o fornecimento de produtos com alegações e rotulagens que salientam: *clean label*, livre de organismos geneticamente modificados (OGM); livre de laticínios; sem frutos de casca rija, entre outras alegações (Frulact, 2023a).

No decorrer dos 37 anos de atividade, a Frulact tem vindo a crescer, alargando as suas instalações em três continentes, sendo estes: a Europa, com bases em Portugal, no qual se localiza a sua sede, e França; em África, mais especificamente em Marrocos e África do Sul; e por fim na América do Norte, nomeadamente no Canadá (Frulact, 2023e).

No entanto, para além destas expansões diferentes marcos foram atingidos por este grupo empresarial, na verdade: em 2010 foi anunciado o lançamento da FRUTECH-Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Frulact, na Maia, em Portugal; em 2013 o lançamento da Frusenses, como um reforço da orientação estratégica da Frulact; em 2018, ocorreu a aquisição da Oatvita, atualmente designada por Benefit, uma produtora de ingredientes de bases vegetais; e o marco mais recente em 2020, a Ardian, uma sociedade líder mundial de investimento privado, obteve 100% do capital social da Frulact (Frulact, 2023c).

1.3.1 Apresentação do Departamento da Benefit

A Benefit, como indicado anteriormente, é uma das unidades de negócio da Frulact, responsável pela produção de ingredientes à base de vegetais, sendo que, para tal, elaborou um processo *trade secret* que permite desenvolver diferentes tipos de bases concentradas, dependendo da matéria-prima utilizada, entre as quais: a aveia; a espelta; o arroz; a quinoa; entre outras (Frulact, 2023c, 2023d).

Deste modo, este departamento consegue fornecer produtos distintos, com base nos requisitos do cliente, o que consequentemente permite desempenhar o papel de fornecedor para inúmeras indústrias, tais como: a indústria de laticínios; a indústria de pastelaria; a indústria de gelados; entre outras indústrias do ramo alimentar (Frulact, 2023d).

Na realidade, este departamento tem em consideração o papel social que deve desempenhar, promovendo uma cadeia alimentar sustentável e acreditando que o cliente é uma peça fundamental, capaz de moldar o mercado alimentar (Frulact, 2023d).

Complementarmente, a Benefit encontra-se certificada pela IPAC, segundo a: ISO14001, referente aos sistemas de Gestão Ambiental, sendo a última auditoria elaborada a 17 de outubro de 2020; e a

BRC, referente ao Padrão Global para a Segurança Alimentar, em que a auditoria teve lugar a 2 e 3 de novembro de 2021 (Frulact, 2023b).

1.4 Objetivos

De facto, a corrente dissertação teve origem a partir do desenvolvimento do tema proposto por parte da unidade de negócios Benefit e que tinha como objetivo principal a caracterização e otimização dos processos unitários utilizados no desenvolvimento de produtos de base vegetal.

Desta forma, foi contemplado que ao longo do estágio se elaborasse, nas suas instalações, um conjunto de avaliações, associadas à análise de dados e à elaboração de ensaios físico-químicos, que permitissem a concretização deste objetivo.

No entanto, ao longo deste período esta correlação também promoveu o contacto direto com o ambiente industrial, a familiarização com as etapas utilizadas na produção de ingredientes à base de plantas e as possíveis aplicações dos produtos obtidos.

2. Enquadramento Teórico

2.1 Definição de Produtos e da Dieta à Base de Plantas

A religião e a cultura são aspetos importantes no comportamento humano e que demonstram ter a faculdade de influenciar o tipo de alimentação, bem como a altura em que dados alimentos são consumidos (Heiman et al., 2019; Nemec, 2020).

Na verdade, a dieta à base de plantas, é um exemplo de dieta praticada desde o surgimento das primeiras culturas humanas, frequentemente influenciada pelo fator cultural de cada região geográfica (**figura 2**) e pela religião, como o Budismo e Jainismo (Clem e Barthel, 2021; Leitzmann, 2014).

Consequentemente, diferentes personagens históricas como Mahatma Gandhi, Leonardo da Vinci e Pitágoras, são exemplos de pessoas que optaram por consumir produtos de origem vegetal no lugar de produtos de origem animal (Fehér et al., 2020).

Cultura	Alimentos Básicos
Egípcia	Trigo e Cevada
Chinesa	Trigo, Soja e Sorgo
Indiana	Trigo, Milho, Arroz e Lentilhas
Médio Oriente	Trigo e Grão de Bico
Mexicana, Maias	Milho e Amaranto
Peruana, Incas	Batatas e Quinoa

Figura 2 - Os principais alimentos básicos presentes nas primeiras culturas humanas. Imagem adaptada do artigo publicado por Leitzmann, 2014.

Na realidade, Pitágoras, um filósofo e matemático da Grécia antiga, acreditava que a alma de uma pessoa era imortal e poderia reencarnar após a morte do corpo. Neste sentido, abominava o consumo de produtos à base de carne e restringia-se, bem como os seus discípulos, a uma dieta baseada essencialmente em pão, mel e vegetais (Clem e Barthel, 2021).

Por sua vez, Leonardo da Vinci acreditava que o consumo de animais iria ser eticamente reprovado, de igual forma como o consumo de ser humanos é reprovado, optando deste modo pela dieta à base de produtos vegetais (Leitzmann, 2014).

No entanto, o conceito de produtos e dietas à base de plantas são termos relativamente recentes e que apenas nos últimos anos têm apresentado um crescimento da sua popularidade, devido ao surgimento de preocupações, como a segurança alimentar e a sustentabilidade (Hassoun et al., 2022; Storz, 2021).

Deste modo, as definições destes tipos de conceitos podem variar de forma significativa, sendo que alguns autores identificam os produtos à base de plantas, como alimentos não derivados de animais, quer sejam: carne; peixe; frutos marinhos; ovos; ou laticínios. Por essa razão, uma dieta à base de produtos derivados de plantas, consolidam essencialmente: legumes; ervas aromáticas; frutas; vegetais; grãos; frutos secos e sementes (Ostfeld, 2017; Storz, 2021; Unilever, 2023).

Entretanto, há autores que indicam que uma dieta à base de plantas baseia-se apenas na redução do consumo de produtos de origem animal e não na interrupção abrupta do seu consumo, semelhante à dieta Mediterrânea (**figura 3**), na qual o peixe e a carne estão inseridos, mas o seu consumo semanal é reduzido (Hargreaves et al., 2023; McManus, 2021; Storz, 2021).

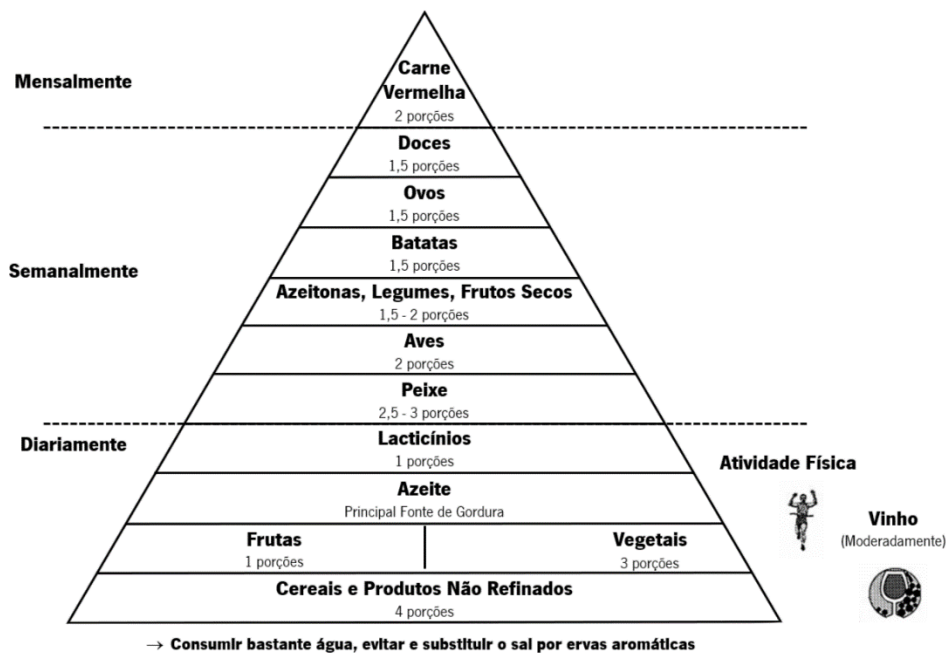


Figura 3 - Pirâmide da dieta tradicional mediterrânea que descreve as diretrizes alimentares para adultos na Grécia. De modo que, 1 porção é definida pela regulamentação do mercado grego. Imagem adaptada do artigo publicado por Trichopoulos e Vasilopoulou, 2000.

2.2 Características Nutricionais de Uma Dieta à Base de Produtos de Origem Animal versus Vegetal

A produção de produtos de origem animal a nível mundial, principalmente de carne, tem demonstrado um aumento ao longo das últimas décadas, como é demonstrado na **figura 4**. Ao passo que alguns autores, entre 1960 e 2010, referem ter havido um crescimento de cerca 204% no consumo de produtos de origem animal, outros indicam que o aumento foi de 500% entre 1992 e 2016 (N. González et al., 2020; Ritchie et al., 2023).

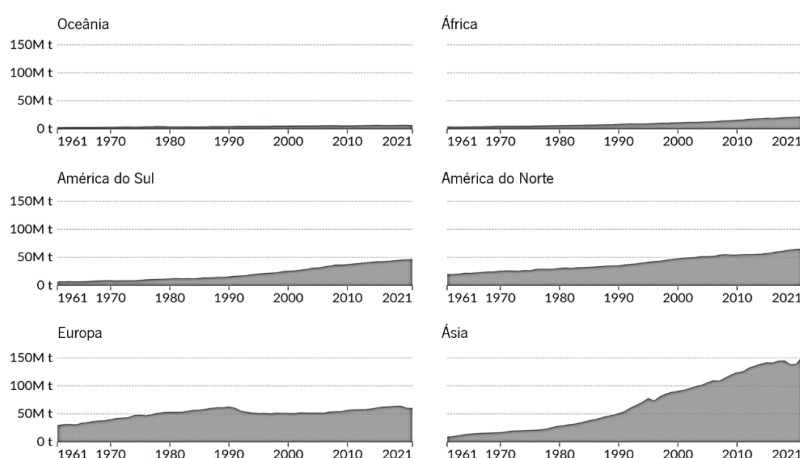


Figura 4 - Evolução da produção de carne nos diferentes continentes, desde 1961 até 2021. Imagem adaptada do artigo publicado por Ritchie et al., 2023, a qual foi baseada nos dados disponibilizados pela Food and Agriculture Organization (FAO).

Efetivamente, os produtos de origem animal são uma fonte de energia e de diversos nutrientes, tais como proteínas e micronutrientes, dos quais: o ferro; o zinco; o selênio; as vitaminas B6 e B12. Contudo, estes compostos podem também ser obtidos através de outras fontes, pressupondo que haja acessibilidade a uma alimentação variada, o que evidentemente, em determinados países são de difícil acesso (Carvalho et al., 2012; Godfray et al., 2018).

Na realidade, o consumo de carne aparenta ter um impacto benéfico na diminuição das hipóteses de desenvolvimento de doenças cardiovasculares devido a ácidos gordos insaturados e conjugados. Paralelamente, as propriedades antioxidantes da L-carnitina e da L-carnosina, obtidos a partir da carne, demonstram ter a capacidade de capturar radicais livres e habilidade quelante o que acaba por ser refletido na diminuição dos níveis de triglicéridos e do colesterol, prevenindo a doença de fígado gordo (Carvalho et al., 2012; Ursachi et al., 2020).

O consumo de carne também estimula a absorção de taurina, um dos poucos aminoácidos que não é incorporado nas proteínas, mas que se encontra bastante presente na região do cérebro e no tecido muscular. Além disso, apresenta a capacidade de proteger a retina e reduzir o nível de colesterol esterificado, que poderá causar problemas cardiovasculares (Cambien et al., 1988; Ripps e Shen, 2012; Ursachi et al., 2020; Usturoi et al., 2015).

No entanto, o consumo excessivo deste tipo de alimento pode também causar problemas de saúde. De facto, em 2015 a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Cancro (IARC), definiu a carne processada como um potencial carcinogénico, englobando na classe 1, enquanto as carnes vermelhas, devido a falta de evidências, foi definida como classe 2A (N. González et al., 2020; Harguess et al., 2020; Libera et al., 2021).

Complementarmente, foram elaborados estudos que demonstraram que o consumo exagerado de carne, principalmente a processada e a vermelha, pode provocar efeitos opostos aos indicados anteriormente, aumentando a probabilidade de desenvolvimento de doenças metabólicas, tais como, diabetes mellitus tipo 2 e doenças cardiovasculares. Na realidade, ainda existem outras pesquisas que demonstraram uma correlação positiva entre os diabetes mellitus tipo 2 e a obesidade (Harguess et al., 2020; Libera et al., 2021).

Deste modo, devido às questões de saúde torna-se aconselhado alterar o tipo de dieta, aplicando metodologias que influenciem a redução do consumo de carne. No entanto, este incentivo na alteração

da dieta pode demonstra-se difícil devido a diferentes fatores, representadas no **anexo 1**, que podem desenvolver tanto atitudes de reforço ou de dissuasão, como: as características de personalidade; os valores; as variáveis externas; entre outras (Kwasny et al., 2022; Rust et al., 2020).

Ainda assim, existem vários métodos de persuasão que podem variar entre os mais controversos, com um maior potencial de efetividade ou iniciativas menos severas, mas ligeiramente menos efetivas (**anexo 2**). Contudo, para ambas as intervenções terem a hipótese de sucesso, estas devem cumprir pelo menos um dos seguintes parâmetros: minimizar a disrupção, produzindo alternativas à base de vegetais saborosas e acessíveis; vender um benefício atraente, como benefícios de saúde; maximizar a contextualização, colocando produtos à base vegetal no topo dos menus; e ajudar a mudar as normas, para que os produtos à base de vegetal se tornem o padrão (Rust et al., 2020).

Os produtos à base de vegetais, por tendência são produtos que apresentam uma alta quantidade de ingredientes nutricionais, designadamente: macronutrientes, como proteínas, carboidratos, ácidos gordos e fibras; micronutrientes, como as vitaminas e minerais; alguns compostos bioativos, dos quais esterois vegetais, flavonoides e polifenóis, ambos reconhecidos pela sua propriedade antioxidante amplamente caracterizada (R. González et al., 2011; Hever, 2016; Patel et al., 2017; Singh et al., 2021).

De facto, devido às suas características nutricionais, as dietas à base de produtos vegetais demonstram estar associadas a menores níveis de colesterol na corrente sanguínea, o que por sua vez leva à redução do risco de aterosclerose e doenças cardiovasculares, decorrente à baixa ingestão de ácidos gordos saturados e elevada ingestão de fibras (Grant, 2017; Hever e Cronise, 2017).

Além do mais, este tipo de alimentação revelou ter a capacidade de diminuir o ganho de peso a longo tempo, uma vez que apresenta um elevado teor em fibra, em conjunto, com um baixo conteúdo de gorduras, o que resulta numa dieta com uma densidade energética baixa (Barnard et al., 2015; Qian et al., 2019).

Simultaneamente, este tipo de alimentação demonstra ter um efeito positivo no combate dos diabetes melitus tipo 2, dado que é capaz de melhorar a funcionalidade das células beta, responsáveis pela produção de insulina, quer seja pela redução no teor de gordura corporal, ou pelo estímulo da produção de hormona incretina (responsável pela amplificação da secreção de insulina), entre outros tipos de métodos (Goyal e Jialal, 2018; Holst et al., 2011; Kahleova et al., 2018; Qian et al., 2019).

A presença de compostos bioativos, referidos anteriormente, demonstram também ter capacidade anticarcinogénica, uma vez que revelam atividade anti-inflamatória e antioxidante. Além do mais, esta dieta exibe a capacidade de diminuir os níveis da hormona do fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1), necessária para o crescimento celular e que quando em grandes quantidades, devido a, por exemplo, consumo excessivo de carne, provoca um aumento do risco de desenvolvimento de cancro (Madigan e Karhu, 2018; Molina-Montes et al., 2020).

No entanto, o consumidor ainda revela a sua preocupação quanto ao valor nutricional deste tipo de dieta. Desta forma a indústria focalizada nesta área alimentar terá de ter em consideração aspetos, como: a quantidade e qualidade da composição proteica; a baixa quantidade de vitamina D e B12; baixa quantidade de sais minerais, como ferro e cálcio; baixa quantidade de ácidos gordos ómega-3; entre outros aspetos (Alcorta et al., 2021).

2.2.1 Desafios Nutricionais de Uma Dieta à Base de Plantas

2.2.1.1 Proteínas

As proteínas são biomoléculas essenciais para o funcionamento adequado do corpo humano, contudo as dietas à base de plantas demonstram ser menos ricas em aminoácidos, por exemplo, a lisina e metionina, quando comparados a alimentos de origem animal. De facto, além da sua menor concentração, o primeiro tipo de dieta, apresenta compostos anti nutricionais, dos quais, fitatos, taninos e saponinas, que afetam a absorção de aminoácidos (Alcorta et al., 2021; Lynch et al., 2018).

Apesar de tudo, uma dieta bem planeada, balanceada e complementada com diferentes tipos de produtos à base de plantas, revela ter a capacidade de salvaguardar a quantidade e a qualidade de proteínas necessárias ao ser humano em qualquer idade (Alcorta et al., 2021; Millward, 1999).

2.2.1.2 Vitaminas D e B12

A vitamina B12 é um nutriente importante para o bom funcionamento do organismo, contudo apenas é sintetizada por microrganismos, por conseguinte o ser humano obtém através da cadeia alimentar, através do consumo de animais herbívoros (Alcorta et al., 2021; Pais et al., 2014).

Do mesmo modo, a vitamina D é obtida, essencialmente, pelo consumo de produtos de origem animal, ou produzida através da exposição à luz solar. Todavia, esta segunda hipótese é afetada por

diversas variáveis, designadamente: a idade; o sexo; a latitude; o estilo de vida; entre outras (Alcorta et al., 2021).

Neste sentido, pessoas que seguem uma alimentação sem carne, têm a tendência a desenvolver um défice em ambos os tipos de vitamina, o que torna aconselhado a toma de suplementos ou a ingestão de alimentos fortificados (Alcorta et al., 2021; Pais et al., 2014).

2.2.1.3 Cálcio e Ferro

A deficiência em ferro é uma das mais comuns em todo mundo, e contribui para o desenvolvimento de anemia, reabsorção óssea e alterações no sistema imunitário. Efetivamente, pessoas que seguem uma alimentação que exclui produtos de origem animal são mais propensas a desenvolver tal deficiência, uma vez que as plantas são uma fonte de ferro não-heme, o qual mostra ter uma menor biodisponibilidade, comparativamente ao ferro heme de origem animal (Alcorta et al., 2021; Camaschella, 2019).

Neste sentido, as pessoas que têm este tipo de deficiência, ou alto risco de a desenvolver, é lhes aconselhado o consumo dos seguintes produtos: alimentos fortificados; alimentos ricos em ferro, simultaneamente com alimentos ricos em vitamina C; ácidos orgânicos e ácidos cítricos, que aumentam a absorção de ferro; ou ingerir alimentos ricos em ferro isoladamente de alimentos ricos em fitatos, polifenóis ou oxalatos, que diminuem a absorção deste mineral (Alcorta et al., 2021; Hunt, 2002).

No que se refere ao cálcio, um desequilíbrio na sua homeostasia pode colocar em causa determinados sistemas, como o neuromuscular. Deste modo, o organismo estimula a redução da densidade óssea e a deterioração da microarquitetura do tecido ósseo, locais no qual se encontra armazenado este tipo de mineral, e que posteriormente pode levar à osteoporose (Alcorta et al., 2021; Christodoulou e Cooper, 2003).

Na verdade, muitos produtos de origem vegetal, especialmente bebidas, são fortificadas ou suplementadas com cálcio, com o propósito de ultrapassar esta questão. No entanto, é necessário ter em conta a sua biodisponibilidade, a qual é afetada por diversos fatores, como por exemplo: os níveis de vitamina D no organismo, que desempenha um papel fundamental na absorção e mobilização do cálcio; e a solubilidade, de tal forma que compostos orgânicos, como lactato e malato de cálcio, têm uma biodisponibilidade superior ao fosfato e carbonato de cálcio (Alcorta et al., 2021; Muleya et al., 2024).

2.2.1.4 Ácidos Gordos Ómega-3

Os ácidos gordos polinsaturados são cruciais, visto que participam na estrutura da membrana celular e são capazes de auxiliar o tratamento de doenças, das quais: fígado gordo não-alcoólico; reações autoimunes; e várias doenças crónicas (Kapoor et al., 2021).

Na realidade, estes ácidos gordos são frequentemente agrupados em famílias, realçando os ómega-3 e ómega-6, nos quais se encontram integrados, respetivamente, o ácido linoleico (LA) e o ácido α -linolênico (ALA), designados por ácidos gordos essenciais (EFA), uma vez que não são sintetizados pelo organismo (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, n.d.; Saunders et al., 2012).

De facto, o corpo humano é capaz de converter os EFA em outros ácidos gordos polinsaturados a partir de um processo enzimático, pelo qual, pode ser obtido: ácido araquidónico (AA), por meio da LA, com capacidade pró-inflamatória; e ácido eicosapentanoico (EPA), por meio da ALA, com a capacidade anti-inflamatória (Alcorta et al., 2021; Saunders et al., 2012).

Dietas à base de plantas, por tendência mostram ser uma fonte menos rica em ácidos gordos ómega-3, como observado na **figura 5** e, conseqüentemente, pode levar a um decréscimo nos níveis de EPA. Assim sendo, é recomendado aos consumidores a ingestão de alimentos com grandes quantidades de ALA, enquanto à indústria é aconselhado investir no desenvolvimento de produtos fortificados ou no mercado de microalgas que tem vindo a crescer nos últimos anos (Alcorta et al., 2021; Kapoor et al., 2021; Saunders et al., 2012).

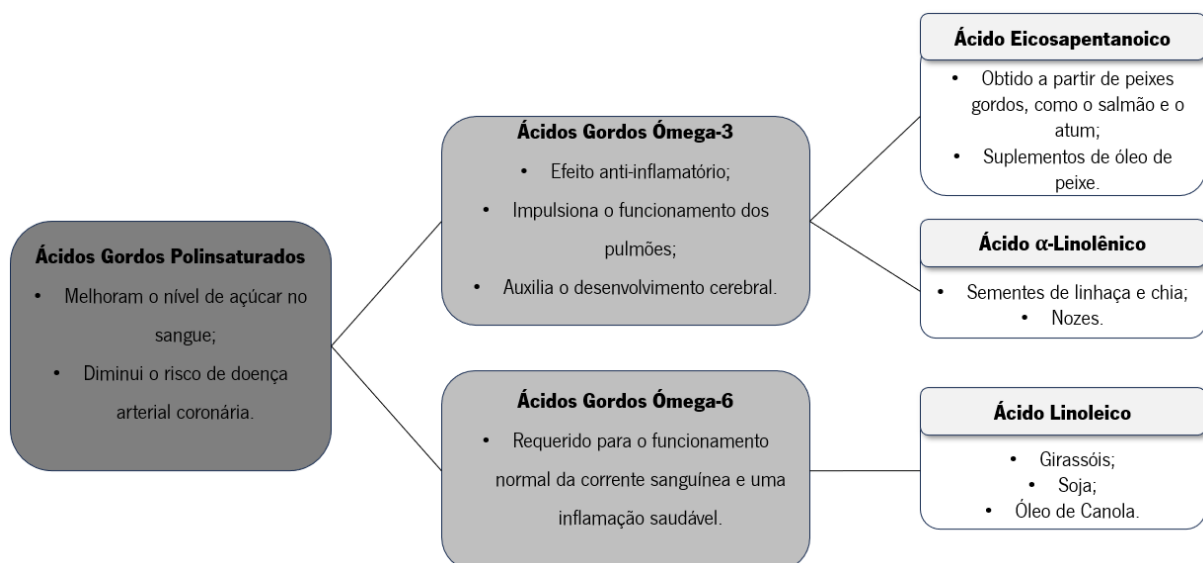


Figura 5 - Tipos de ácidos gordos insaturados, as suas funções, e os alimentos no qual se encontram. Imagem adaptada do artigo publicado por Kapoor et al., 2021.

2.3 Impactos Ambientais de Uma Dieta à Base de Produtos de Origem Animal versus Vegetal

No decorrer dos últimos anos, a produção e o consumo de carne têm vindo a aumentar de forma global, como já foi referido anteriormente, resultando na intensificação da pegada ecológica vinculada ao setor agrícola e alimentar. Por essa razão, torna-se relevante o incentivo da transição de uma dieta à base de produtos animais para uma dieta baseada em produtos vegetais (N. González et al., 2020; Ritchie et al., 2023; Szenderák et al., 2022).

Na realidade, ambos os setores têm contribuído para o aumento da emissão de gases efeito estufa (GEE), tais como, o dióxido de carbono, o metano e o óxido nítrico. De modo que, em 2018, o setor agrícola contribuiu com cerca de 12 % de GEE e o setor alimentar em geral com 21 % a 37 % de gases efeito estufa, facultando um maior impacto (Karimi et al., 2018; Szenderák et al., 2022).

A título de exemplo, em 2012, foi observado um consumo excessivo de produtos de origem animal, nomeadamente de carne, por parte da população brasileira, indo de encontro com dados obtidos em anos anteriores. Neste sentido, foi estimado que a produção de carne para alimentar uma pessoa durante um ano, em São Paulo, produzia uma quantidade de gases de efeito estufa equivalente a uma viagem de carro entre o Brasil e Canadá, ou seja cerca de 9673km (Carvalho et al., 2012).

De facto, a agricultura animal para além de ter um grande impacto na contaminação atmosférica, também tem um elevado efeito nos recursos naturais, como os aquíferos. De tal forma que, cerca de 8 % da água usada mundialmente é destinada à produção de gado, sendo que: 98 % é para a produção dos seus alimentos; 1,1 % é dirigido ao consumo; 0,8 % para serviços de cuidado, por exemplo, limpeza de jaulas, pátios e dos próprios animais; e 0,03 % é para proceder à mistura de ração (Godfray et al., 2018; Schlink et al., 2010).

Paralelamente, a criação animal contribui para a contaminação de fluentes aquáticos devido ao uso de nutrientes na alimentação ou decorrente da matéria fecal, que tendencialmente contém elevadas cargas de nitrogénio e fósforo. Desta forma, ocorre a depleção de água potável, bem como a criação de zonas de morte em estuários e zonas costeiras, que afetam a biodiversidade de até 400 regiões em todo o globo (Godfray et al., 2018; Rust et al., 2020).

A agricultura animal ainda é causa da desflorestação, principalmente da América Latina, na qual tem um impacto direto de até 71 %. Consequentemente, é provocado um desequilíbrio nos ecossistemas e

intensifica as alterações climáticas, o que se reflete em fatores como: aumento nas concentrações de dióxido de carbono; interferência com os fluxos de vento e de vapor de água; redução da quantidade de água absorvida pelo solo, o que pode aumentar o índice de inundações; diminuição da biodiversidade e habitats; entre outros efeitos (Godfray et al., 2018; Okia, 2012; Rust et al., 2020).

Em contrapartida, a dieta à base de plantas demonstra ter uma menor pressão nos recursos naturais, bem como uma menor emissão de gases de efeito estufa. Efetivamente, de acordo com estudos que abordam a quantidade de GEE emitidos ao longo do ciclo de vida de produtos animais, é possível verificar que a produção de carneiro emite cerca de 39 kgCO₂eq/kg e a de ovos em torno de 4,8 kgCO₂eq/kg. Em contraste, a produção de arroz apenas produz 4,1 kgCO₂eq/kg e os frutos secos, por exemplo, amendoins, podem produzir apenas 0,6 kgCO₂eq/kg (Espinosa-Marrón et al., 2022; Satija e Hu, 2018).

Quanto ao uso de recursos naturais, como aquíferos, a produção de plantas necessita de uma quantidade 100 vezes menor que a criação de gado, contudo existem estudos que sugerem que a substituição de produtos de origem animal pode provocar um aumento no consumo de água fresca até 16 %. Não obstante, quando avaliada a quantidade de água necessária para produzir cada caloria alimentar, ou seja, a água gasta na produção dos alimentos integrantes na dieta: os frutos secos apenas contribuem com cerca de 5,1 %; os vegetais 24,6 %; e a carne 26,3 % (Espinosa-Marrón et al., 2022; Musicus et al., 2022).

Por fim, quanto à ocupação e desflorestação de terras, diferentes investigações sugerem que a transição para uma dieta à base de plantas seria capaz de reduzir cerca de 75 % de espaço utilizado no setor agrícola, já que a área necessária para produzir 1000 Kcal é maior em produtos de origem animal, do que nos produtos de origem vegetal (**figura 6**). Efetivamente, nos Estados Unidos da América, apenas 20 % da terra agrícola produz plantas para consumo humano e 42 % é para alimentação de gado ou exportação (Espinosa-Marrón et al., 2022; Ritchie, 2021).

Área de Terreno Usado na Produção de Alimentos até aos 1000 Kilo Calorias

A terra usada é medida em metros quadrados (m²) necessários para produzir 1000 quilocalorias de um dado produto alimentar.

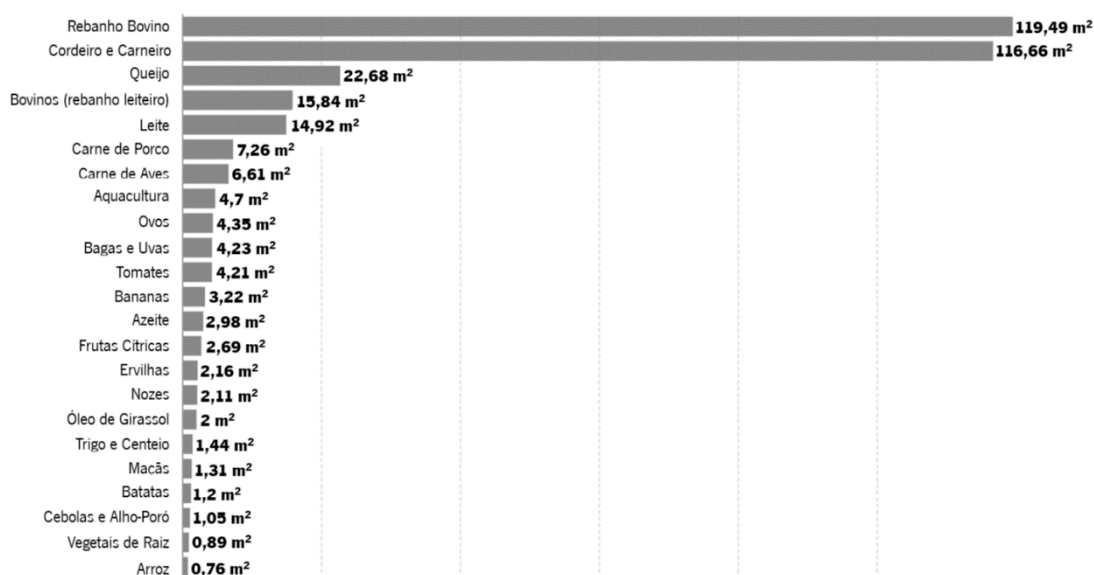


Figura 6 - Área ocupada para produzir 1000 quilocalorias de um determinado produto, quer este seja de origem animal ou vegetal.

Imagem adaptada do artigo publicado por Ritchie, 2021.

2.4 Mercado Global de Produtos à Base de Plantas

O mercado de produtos à base de plantas é relativamente recente, visto que apenas abandonou o seu nicho de consumidores e atingiu o mercado convencional com a expansão da disponibilidade dos análogos de carne em 2015. Na realidade, desde esse ano até 2020, houve mercados, tal como o dinamarmê, que alcançaram um decréscimo de 5 % na venda de produtos de origem animal, mais concretamente carne fresca (Aschemann-Witzel et al., 2021; Boukid, 2020).

Adicionalmente, um segundo estudo desenvolvido durante dois anos (2019-2021) pela Plant Based Foods Institute et al., (2022), verificou que em 2021 os consumidores, estado-unidenses, de produtos à base de plantas, geralmente diminuíam ou mantinham o nível de aquisição de produtos de origem animal, o que demonstra uma regressão relativamente ao primeiro ano de estudo.

Neste sentido, como já foi referido anteriormente, é possível contestar um crescimento no mercado de produtos de origem vegetal e uma diminuição no desenvolvimento do setor de alimentos de origem animal. Na verdade, o mercado de alimentos à base de plantas mostra-se propício a manter a sua evolução, o que pode refletir um aumento de cerca de 89,43 milhões de euros até 2029, nos Estados Unidos da América (Buxton, 2023; Pais et al., 2023; Plant Based Foods Institute et al., 2022; Ritchie et al., 2023).

No que se refere à Europa, em 2022, este setor mercantil era representado por um valor monetário de cerca de 5,8 bilhões de euros, o que refletia num crescimento equivalente a 21 % entre 2020 e 2022. De tal forma que, quando analisado a percentagem de unidades vendida, os produtos que mais contribuíram para tal expansão foram: os frutos do mar, com um aumento de 340 %; as refeições preparadas, com 71 %; e os queijos, com 69 % (**figura 7**) (Good Food Institute Europe, 2022).

	Vendas em Euro de 2022	Crescimento de Vendas de 2020-2022	Crescimento de Vendas de 2021-2022	Unidades Vendidas em 2022	Crescimento de Unidades Vendidas de 2020-2022	Crescimento de Unidades Vendidas de 2021-2022
Leite	2,2 B €	19%	7%	1,3 B	20%	6%
Carne	2,0 B €	19%	3%	846 M	21%	1%
Iogurte	515 M €	8%	0,4%	255 M	10%	-3%
Pastas de Barrar	247 M €	40%	13%	140 M	26%	4%
Refeições	181 M €	79%	20%	72 M	71%	14%
Gelado	174 M €	14%	8%	57 M	15%	8%
Queijo	165 M €	56%	4%	61 M	62%	4%
Cremes	139 M €	7%	7%	109 M	1%	0%
Sobremesa	88 M €	27%	6%	58 M	40%	5%
Frutos do Mar	43 M €	326%	60%	14 M	343%	67%
Total	5,8 B €	21%	6%	2,9 B	21%	4%

Figura 7 - Visão geral do resumo de vendas de produtos à base de plantas vendidos na Europa, sendo que a letra “B” corresponde a bilhões e a letra “M” a milhões. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado pela Good Food Institute Europe, 2022.

2.4.1 Mercado Português de Produtos à Base de Plantas

No que diz respeito a Portugal, o mercado de produtos à base de plantas demonstra, desde 2015, um forte crescimento, visto que, como mencionado previamente, foi a partir deste ano que os análogos de carne abandonaram um nicho de consumidores e passaram a desempenhar um papel no comércio convencional (Associação Vegetariana Portuguesa, 2020; Boukid, 2020).

Adicionalmente, quando verificado o crescimento deste setor ao longo de 10 anos, entre 2008 e 2018, é possível observar uma evolução de 514 %, dado que, aquando deste período, ocorreu a abertura de cerca de 144 novos estabelecimentos que procuravam dar resposta a novos consumidores, que surgiam à procura de opções vegetarianas e veganas (Associação Vegetariana Portuguesa, 2020).

Além disso, em 2017, foi publicada a Lei nº 11/2017 no Diário da República que implementou a necessidade de existir uma opção vegetariana em cantinas e refeitórios públicos, havendo apenas exceção para unidades onde não haja procura, de modo a combater o desperdício (Serviço Nacional de Saúde, 2017).

Durante 2020 e 2022 foi também verificado uma evolução de 20 % neste mercado, fazendo que neste último ano atingisse um montante de vendas de 64,6 milhões de euros. Porém, mesmo após este desenvolvimento, ainda é um dos mercados retalhistas mais pequeno da Europa quando comparado, por exemplo, à Alemanha que conseguiu alcançar um marco de 1,9 bilhões de euros (Good Food Institute Europe, 2022).

Na verdade, é também possível verificar que em Portugal a categoria de produtos à base de plantas mais vendida e mais desenvolvida em 2022 foi a dos análogos de laticínios, sendo que, o leite apresenta um valor de vendas igual a 40,4 milhões de euros e os iogurtes renderam 10,2 milhões de euros (**figura 8**), ou seja, contribuíram com cerca de 78 % das vendas efetuadas neste setor (Good Food Institute Europe, 2022).

Apesar disso, a nível de crescimento é a categoria de queijos e carnes de origem vegetal fazem parte dos produtos com a maior taxa de crescimento no número de unidades vendidas entre 2020 e 2022, cada um com uma taxa de evolução de 114 % e 67 %, respetivamente. (**figura 8**) (Good Food Institute Europe, 2022).

	Vendas em Euro de 2022	Crescimento de Vendas de 2020-2022	Crescimento de Vendas de 2021-2022	Unidades Vendidas em 2022	Crescimento de Unidades Vendidas de 2020-2022	Crescimento de Unidades Vendidas de 2021-2022
Leite	40,4 M €	13%	4%	24,2 M	12%	2%
Carne	7,6 M €	85%	18%	2,7 M	67%	11%
Iogurte	10,2 M €	34%	16%	4,8 M	51%	20%
Pastas de Barrar	1,2 M €	-7%	1%	0,6 M	-6%	1%
Queijo	1,4 M €	96%	40%	0,4 M	114%	38%
Cremes	2,8 M €	-3%	-4%	2,6 M	0,2%	-5%
Sobremesa	1,1 M €	-13%	7%	0,6 M	1%	1%
Total	64,7 M €	7%	20%	35,9 M	4%	18%

Figura 8 - Visão geral do resumo de vendas dos produtos à base de plantas vendidos em Portugal, no qual a letra “M” corresponde a milhões. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado pela Good Food Institute Europe, 2022.

Ademais, quando comparado o crescimento das unidades vendidas em 2022 de cada categoria, referidas anteriormente, independentemente da sua origem, como representado na **figura 9**, é observado que também em Portugal o mercado à base de plantas encontra-se em crescimento, enquanto o mercado à base de produtos animais mostra uma diminuição no seu desenvolvimento, ou em certas situações, um crescimento mais discreto (Good Food Institute Europe, 2022).

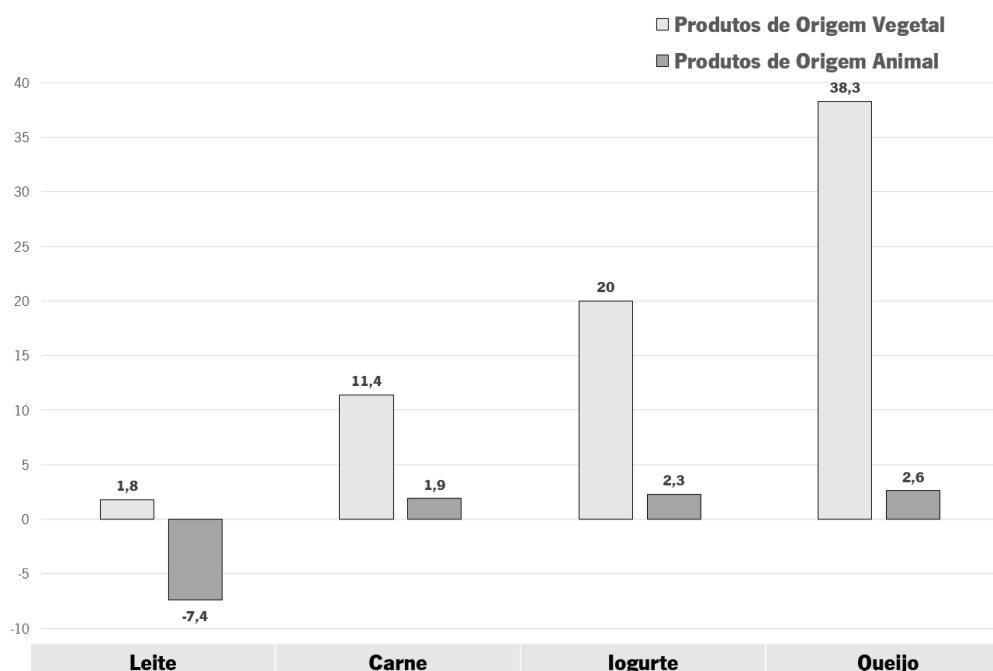


Figura 9 - Comparação entre o número de unidades vendidas, em Portugal, de diferentes categorias de produtos, quer de origem animal ou derivados de plantas. Imagem adaptada do relatório de pesquisa elaborado por Good Food Institute Europe, 2022.

2.5 Produção de Ingredientes à Base de Plantas

Na verdade, o crescimento do mercado focado em alimentos à base de plantas tem impulsionado outros setores, como os orientados para a produção de ingredientes a partir de plantas, o que demonstra uma forte revolução no decorrer dos últimos anos, justificada pela exigência de novos produtos, bem como a necessidade de inovações (Bottinelli, 2021; Food ingredients South America, 2022).

De facto, a produção de tais ingredientes pode ser alcançada através de métodos químicos, físicos ou até mesmo biológicos, que permitem extrair diversas substâncias a partir de matéria vegetal, das quais: proteínas; fibras; amidos; entre outras (Food ingredients South America, 2022).

Deste modo, indústrias, tais como a Juice Concentrate e a Benefit, são exemplos de unidades negócios ambas focadas na produção de xaropes e concentrados de base vegetal, aplicando metodologias adequadas para obter os seus produtos, a partir de matérias-primas como aveia, espelta, quinoa, entre outras plantas, permitindo o abastecimento de diferentes setores alimentares (Food ingredients South America, 2022; Frulact, 2023d; Juice Concentrate, 2023).

2.5.1 Produção de Concentrados à Base de Plantas

Os métodos utilizados na produção de bases concentradas a partir de plantas encontram-se na maior parte dos casos patenteados, sendo que para cada um dos processos pode haver alterações dependendo da matéria-prima utilizada ou das características da própria patente, contudo a maioria aparenta ter certas etapas em comum, das quais a gelatinização, a liquefação e a sacarificação (Mitchell et al., 1986; Whalen e Elk, 2001).

Na realidade, o processo de fabrico na maior parte dos casos começa pela maceração e peneiração da matéria-prima, caso esta seja adquirida na forma de grãos, ou caso seja adquirida em forma de farinha é diretamente misturado com água, dando início à gelatinização, o que permite a produção de uma pasta (Henan Doing Mechanical Equipment Co., 2018; Mitchell et al., 1986; Whalen e Elk, 2001).

A gelatinização ocorre devido à absorção de água por parte da zona amorfa dos grânulos de amido, destabilizando a sua estrutura, o que leva à posterior lixiviação da amilose e da amilopectina, para além do mais, o aumento da temperatura revela um aumento deste efeito (Gibinski, 2008; Mikkilä, 2022).

Subsequentemente, o produto obtido pode ser processado através de duas técnicas ligeiramente diferentes. Na primeira (**figura 10A**), à pasta formada é adicionada alfa-amilase e gluco-amilase, é aquecida e agitada continuamente durante um período de cerca de 30 minutos, até atingir uma temperatura de 68 °C. Esta temperatura é então mantida durante um período de aproximadamente 2,5 horas, durante o qual ocorre simultaneamente a liquefação e sacarificação (Whalen e Elk, 2001).

Na segunda técnica de processamento (**figura 10B**), a liquefação e sacarificação são concebidas em etapas diferentes, isto é, inicialmente, à pasta elaborada durante a gelatinização é adicionada a alfa-amilase e ao mesmo tempo que a mistura é agitada, a temperatura é aumentada até os 80 °C e mantida durante 30 minutos, o que corresponde à liquefação (Henan Doing Mechanical Equipment Co., 2018; Mitchell et al., 1986).

No instante seguinte, o produto é arrefecido até cerca de 60 °C para se proceder à adição de gluco-amilase, que dá início à sacarificação. Esta fase tem uma duração de 3 horas, durante a qual a temperatura terá de ser mantida (Henan Doing Mechanical Equipment Co., 2018; Mitchell et al., 1986).

Por fim, a base concentrada obtida é peneirada e a matéria insolúvel é retirada através da centrifugação o que permite obter uma base, que posteriormente poderá ser concentrada por

equipamentos de vácuo, de forma a obter um xarope (Gibinski, 2008; Henan Doing Mechanical Equipament Co., 2018; Mitchell et al., 1986; Whalen & Elk, 2001).

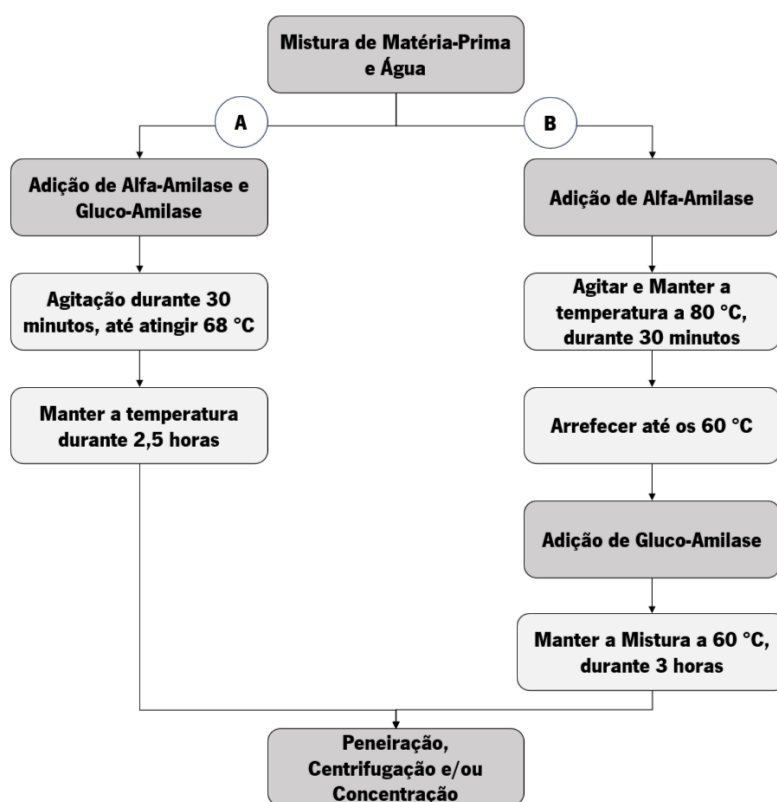


Figura 10 - Representação esquemática dos métodos utilizados na produção de xaropes ou bases concentradas de origem vegetal. Informação sintetizada das patentes elaboradas por Mitchell et al., 1986; Whalen e Elk, 2001

Efetivamente, é imperativo destacar que em ambas as metodologias são utilizadas tanto a alfa-amilase, bem como a gluco-amilase para a produção do xarope, independentemente da matéria-prima usada ao longo do processo (Mitchell et al., 1986; Whalen e Elk, 2001).

De facto, as matérias utilizadas apresentam na sua matriz o amido, o qual é constituído por duas macromoléculas: a amilose, um polímero longo e essencialmente linear; e a amilopectina, o maior constituinte dos grânulos de amido. Deste modo, a utilização da alfa-amilase, entre temperaturas de 50 °C a 90 °C, dependendo da sua origem, permite catalisar a hidrólise das ligações α -D-(1-4) -glucano, como representado na **figura 11**, resultando na libertação de substâncias, como: maltose; maltotriose; e ramificações de α -limit dextrinas (Declerck et al., 2003; Franco et al., 2002; Gallant et al., 1992; Warren et al., 2015).

Paralelamente, a gluco-amilase é uma enzima capaz de libertar unidades de β -glucose, ilustrado na **figura 11**, das regiões não redutoras do amido, ou até mesmo dos poli e oligossacarídeos relacionados, havendo para tal, uma hidrólise das ligações α -1,4 e α -1,6 glicosídicas, quando a temperatura se encontra entre 55 °C e 60 °C, dependendo da sua proveniência (Cereia et al., 2000; Sauer et al., 2000).

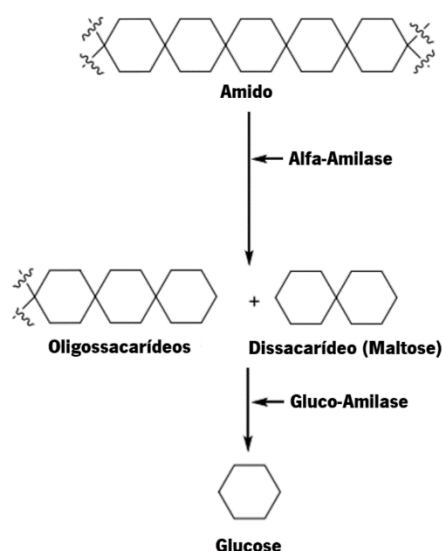


Figura 11 - Representação da hidrólise do amido, catalisada pela alfa-amilase e pela gluco-amilase. Imagem adaptada do artigo publicado por Mohammadi-Khanaposhtani et al., 2021.

No caso específico da Benefit, esta unidade de negócios tem um método próprio para a produção, das suas bases concentradas, bastante semelhante à segunda técnica mencionado na **figura 10B**, o qual se encontra como *trade secret* em países, como: Portugal; Rússia; África do Sul; Austrália; China; Japão e México (Barbosa, 2016; Pinto, 2015).

2.6 Aquecimento Óhmico

Os produtos alimentares são normalmente sujeitos a processos de pasteurização e esterilização convencionais, focados essencialmente na transferência de calor, sendo por isso a condutividade térmica um dos fatores limitantes nestes processos (Jaeger et al., 2016).

Na realidade, um dos processos de tratamento térmico é a ultrapasteurização (UHT), via injeção de vapor de água, o qual pode chegar até aos 150 °C. Desta forma, esta técnica implica a administração de vapor a alta temperatura, que abdica de parte do seu calor latente, permitindo aquecer o produto de forma mais rápida que outros métodos de UHT indiretos (Roux et al., 2016).

No entanto, esta transferência de energia provoca uma condensação do vapor de água dentro do próprio alimento, o que por sua vez aumenta a sua diluição. Neste sentido, torna necessário a adição de um equipamento no fim do processo, normalmente designado como *vacum-flash cooling*, capaz de retirar a água adicionado ao produto, tornando este processo ligeiramente mais complexo e com um custo mais elevado (Newstead et al., 2006; Roux et al., 2016).

A propósito, é observado que alimentos viscosos ou heterogênicos, quando submetidos a estes processos mais convencionais, tendem a ser submetidos a períodos de tratamento mais extensos, podendo sofrer consequências indesejadas, como: perda de qualidade e de propriedades nutricionais; alteração nas características organoléticas, por exemplo a cor; ou levar a cargas térmicas indesejadas, quando envolve um aquecimento indireto (Guionet et al., 2021; Jaeger et al., 2016; Jakób et al., 2010).

Deste modo, têm sido desenvolvidas novas aplicações em torno de técnicas emergentes, por exemplo, o aquecimento ôhmico, como possíveis métodos alternativos capazes de diminuir o consumo energético, quando comparados aos métodos convencionais que consomem bastante energia e tempo, ou que provem ter novas vantagens (Gavahian et al., 2019).

O aquecimento ôhmico é uma tecnologia que se baseia na resistência elétrica que uma dada amostra apresenta, quando sujeita à passagem de corrente elétrica direta ou alternada, sendo o segundo cenário o mais utilizado, e o que por sua vez gera dissipação de calor no interior da própria amostra (Ramaswamy et al., 2012; Richardson, 2001).

Deste modo, o modelo mais simplista para a utilização desta técnica pode ser representado na **figura 12**, no qual a amostra é colocada num recipiente, em que nas suas extremidades subsistem dois eletrodos capazes de transmitir a corrente elétrica com a aplicação de uma determinada diferença de potencial (Richardson, 2001).

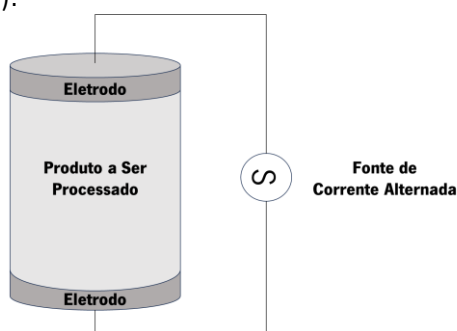


Figura 12 – Esquemática de um equipamento de aquecimento ôhmico. Imagem adaptada do artigo publicado por Richardson, 2001.

De facto, este tipo de metodologia implica que a condutividade elétrica das amostras utilizadas não possa ser nula, ou seja, não é possível aplicá-la em materiais não polares, como óleos. O único modo, seria ajustar a condutividade da amostra através da aplicação de iões, que permitissem alterar o valor deste tipo de parâmetro e assim resultar num aquecimento óhmico efetivo (Ramaswamy et al., 2012; Richardson, 2001).

Na verdade, dependendo do tipo de amostra, as substâncias que se comportam como condutores de carga podem variar. No caso de amostras metálicas, estes condutores de cargas que se movimentam entre os elétrodos são os eletrões, porém nas amostras alimentares, estas partículas podem ser iões, moléculas, ou até mesmo proteínas carregadas que migram em direção ao eléctrodo de polaridade oposta ou alternam entre os dois elétrodos dependendo do tipo de corrente elétrica (Ramaswamy et al., 2012).

Efetivamente, a condutividade elétrica do produto encontra-se intimamente relacionada com a taxa de aquecimento, verificando-se uma influência mútua entre parâmetros, ou seja, o aumento de um provoca na maioria dos cenários um aumento do segundo (Kumar et al., 2017; Richardson, 2001).

Adicionalmente, é relevante referir que a taxa de aquecimento também é diretamente proporcional à raiz quadrada da força do campo elétrico, o que significa que este parâmetro também pode ser controlado através do ajuste da voltagem aplicada (Richardson, 2001).

Na realidade, a técnica de aquecimento óhmico tem demonstrado inúmeras vantagens, como: o aquecimento uniforme, visto que se baseia na geração de energia interna; pode ser ajustado de modo a permitir o aquecimento uniformizado de substâncias heterogéneas (**figura 13**); não tem um limite de temperatura teórica, ou seja, depende do equilíbrio atingido entre o aumento e perda de temperatura; tem um aquecimento rápido, que permite a passagem por zonas de calor que podem provocar reações indesejadas; e alta eficiência energética, dado que cerca de 90 % da energia elétrica é dissipada sob a forma de calor, usado no aquecimento da amostra (Ramaswamy et al., 2012).

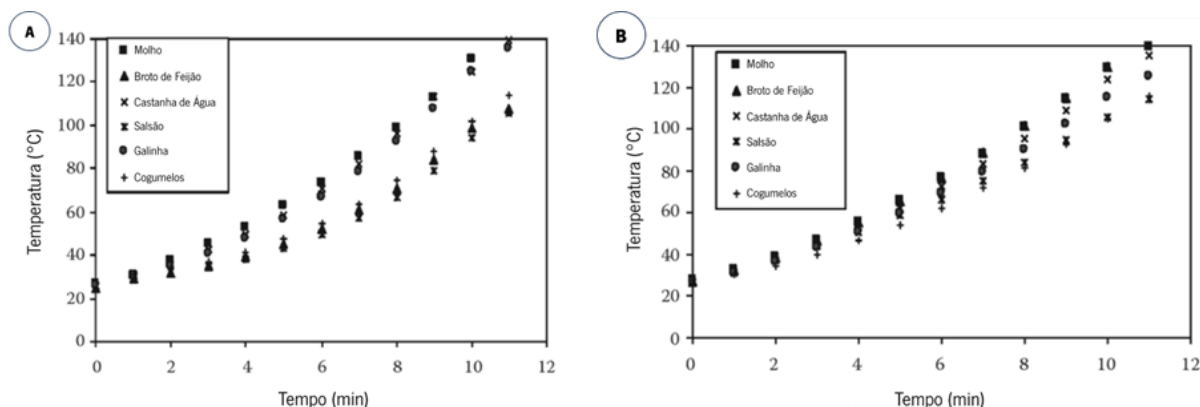


Figura 13 - Representação gráfica da taxa de aquecimento ôhmico de vários componentes não tratados presentes num chow mein de frango aquecidos juntos (A) e a taxa de aquecimento ôhmico de vários componentes presentes num chow mein de frango, o quais foram previamente balanceados de modo a ter uma condutividade elétrica semelhante (B). Imagem adaptada do artigo publicado por Ramaswamy et al., 2012.

Complementarmente, o equipamento utilizado pode adquirir diversos estilos, dependendo do tratamento pretendido, nomeadamente estático ou contínuo. De facto, quando aplicado a uma linha de tratamento contínuo a alteração da organização dos eléktodos, pode permitir que: o campo elétrico esteja alinhado de forma perpendicular ao fluxo de produto, quando a sua condutividade elétrica é diminuta, maximizando a sua potência (**figura 14B**); ou o campo elétrico pode estar alinhado com o próprio fluxo do produto, quando a sua condutividade é mais elevada, evitando o disparo de disjuntores (**figura 14A**) (Anderson e Aramouni, 2003; Ramaswamy et al., 2012).

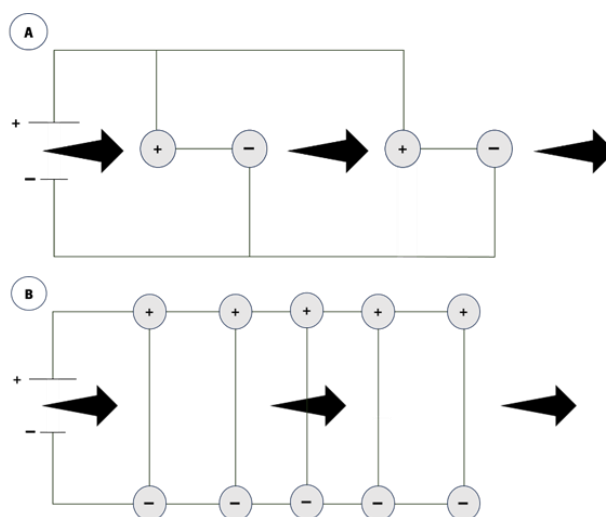


Figura 14 - Representação esquemática da disposição dos eléktodos quando aplicada a técnica de aquecimento ôhmico a uma linha de tratamento continua. Desta forma, no esquema (A) é visível que o campo elétrico está disposto de forma paralela ao fluxo do produto, e no esquema (B) o campo elétrico está disposto de forma perpendicular ao fluxo do produto. Imagem adaptada do artigo publicado por Anderson e Aramouni, 2003.

Simultaneamente, quando usadas frequências entre 50 Hz e 60 Hz, esta técnica demonstra ter a capacidade de inativar microrganismos, quer termicamente, quer devido à acumulação de cargas, que podem induzir a eletroporação, reação que consiste na formação de poros nas membranas de microrganismos devido às cargas elétricas (Richardson, 2001). Em todo o caso, os efeitos de campos elétricos moderados na permeabilização celular é uma área de investigação em constante evolução.

No entanto, este intervalo de frequências também poderá provocar o desencadeamento de reações eletroquímicas e a erosão dos elétrodos, o que faz com que o contacto entre o alimento e os elétrodos sejam um aspeto crítico na utilização desta técnica. Neste sentido, têm sido desenvolvidas melhorias, como a utilização de elétrodos de titânio para evitar este tipo de problema (Jaeger et al., 2016).

3. Metodologia

No desenvolvimento deste trabalho, foi inicialmente necessário definir os parâmetros que seriam mais pertinentes avaliar, dos quais: as condições físicas do processo; a concentração de glucose; a viscosidade; o teor de sólidos totais; teor de sólidos solúveis; e análise dos parâmetros nutricionais gerais. Adicionalmente, foi oportuno delinear as referências que se mostravam adequadas a acompanhar, por conseguinte, foram seleccionadas um conjunto de quatro produções identificadas pelas referências: BEN 524; BEN 663; BEN 655; e BEN 785 (**tabela 1**).

Tabela 1 – Identificação das bases concentradas, escolhidas para monitorizar e acompanhar as suas produções.

Referência	Tipo de Base
BEN 524	Base Concentrada de Farinha de Aveia a 40 %
BEN 663	Base Concentrada de Farinha de Aveia a 40 %, Barista
BEN 655	Base Concentrada de Farelo de Aveia a 30 %, com Alto Teor de Açúcar
BEN 785	Base Concentrada de Farinha de Centeio a 25 %

No decorrer das primeiras monitorizações, demonstrou-se inexequível fazer a replicação das análises elaboradas em cada produção, causado pelo: número de características definidas; a carga horária de

trabalho; e principalmente devido à inconstância das referências produzidas, sendo que, para a referência BEN 785 mostrou-se realmente irrealizável o acompanhamento de uma última produção, não permitindo fazer a discussão dos resultados, no entanto os valores coletados encontram-se representados no **anexo 4**.

Consequentemente, demonstrou-se mais conveniente acompanhar três produções em dias diferentes, para cada referência (**figura 15**), permitindo fazer uma análise físico-química desde o início ao fim da produção, sem elaboração de réplicas, mas que permitisse registar dados que mostrassem a relação entre cada parâmetro.

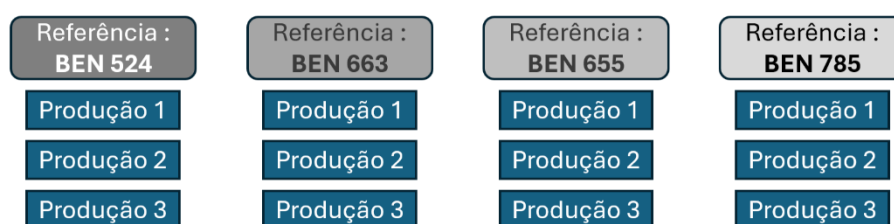


Figura 15 - Esquemática da organização dos grupos de estudos acompanhados ao longo do estágio concebido em contexto empresarial.

3.1 Parâmetros Físicos do Processo

O processo utilizado na produção das bases de origem vegetal por parte da Benefit, é baseado num método enzimático protegido como *trade secret*, tal como referido inicialmente, no qual é necessário manter as condições apropriadas.

Desta forma, independentemente do tipo de base a ser produzida, a linha de produção encontra-se organizada nas seguintes etapas: a mistura, a qual pode ser subdividida em três fases, a liquefação, a sacarificação e o cozimento; a separação, na qual as fibras insolúveis e as cascas em suspensão são removidas devido à ação de forças centrípetas e centrífugas; e por fim o tratamento térmico, o qual permite proceder à esterilização da base e posterior embalamento.

Deste modo, ao longo de cada etapa de produção foi feito o registo dos parâmetros físicos, tais como: o peso de base a produzir; a temperatura e o tempo associado a cada fase da mistura; o volume encaminhado de um dado tanque de mistura para a fase de separação, juntamente com o tempo de duração; o volume de base direcionada para o armazenamento intermediário e o peso de produto orgânico formado; o peso da matéria-prima utilizada na produção; o peso de produto embalado; e o rendimento teórico.

3.2 Concentração de Glucose

O método de produção aplicado pela Benefit é baseado na capacidade enzimática de realizar a conversão das moléculas de amido presente em diferentes cereais, como na aveia e no centeio, em monómeros de glucose, enquanto mantidas as condições favoráveis ao seu funcionamento (Mitchell et al., 1988).

Desta forma, um dos parâmetros avaliados foi a concentração de glucose formada ao longo da linha de produção. Para tal, foram coletadas amostras durante: a fase de cozimento, sendo elaborado coletas aos 5, 15, 25 e 30 minutos; após a etapa de separação; e por fim, depois do tratamento térmico.

Posteriormente, foi feita a análise a partir do equipamento WineLab (**figura 16**), o qual se baseia na técnica de fotometria, tendo incorporado no seu sistema uma reta de calibração, pré-definida entre 0,1 g/L e 18 g/L. Adicionalmente, este equipamento oferece um kit constituído por 10 cuvetes e três reagentes, identificados de 1 a 3 (FoodLab, 2024; Galant et al., 2015).



Figura 16 - Equipamento WineLab, utilizado na medição da concentração de glucose das amostras recolhidas. Imagem retirada do site oficial da FoodLab, 2024.

Na prática, após selecionar no equipamento a análise de glucose e frutose, o equipamento indica um conjunto de três etapas a serem realizadas, sendo que no fim de cada uma foi necessário proceder à agitação.

3.3 Viscosidade

A viscosidade é definida como a resistência que um determinado fluido ou solução apresenta ao seu fluxo interno, ou seja, esta característica está associada à velocidade com que as suas diferentes camadas se separam (Anton Paar, 2024; Walters e Jones, 2003).

Deste modo, a medição deste parâmetro foi elaborada através do uso de um viscosímetro rotacional, da Brookfield DV-II+ Pro (**figura 17**), equipado com um eixo em forma de disco, identificado como número 2 (Fullbrook, 2015; Walters e Jones, 2003).



Figura 17 - Equipamento Brookfield DV-II+Pro, utilizado na medição da viscosidade das amostras recolhidas. Imagem retirada do documento de utilização, publicado por Fullbrook, 2015.

Na realidade, foi recolhida uma amostra após o fim da mistura, a qual foi arrefecida através de um banho de gelo, o que possibilitou atingir uma temperatura de 20 °C, e só posteriormente foi feita a medição da sua viscosidade, ao fim de um minuto, após definida a velocidade de rotação do eixo a 30, 60 e 100 RPM.

3.4 Teor de Sólidos Totais

A medição do teor de sólidos totais foi realizada utilizando o equipamento Halogen Moisture Analyzer HE73 (**figura 18**), da Mettler Toledo, com o potencial de atingir temperaturas entre os 50 e os 200 °C (Mettler Toledo, 2024a).



Figura 18 - Equipamento Halogen Moisture Analyzer HE73, utilizado na medição do teor de sólidos totais das amostras recolhidas. Imagem retirada do site oficial da Mettler Todelo, 2024.

Na verdade, este equipamento faz a leitura da humidade de uma amostra, revelando o valor na forma de percentagem, que depois foi usado para calcular o teor de sólidos totais, aplicando para tal a equação **(1)**.

$$100 \% - \text{teor de humidade} = \text{teor de sólidos totais} \quad (1)$$

Efetivamente, a medição deste parâmetro implicou a recolha de cerca de 3 gramas de amostra após a mistura, a separação, na qual foi recolhida um exemplar do produto orgânico, e no fim do tratamento térmico.

3.5 Teor de Sólidos Solúveis

Os graus Brix, são uma escala de medida com a faculdade de refletir o valor de sólidos dissolvidos numa determinada solução. Neste sentido esta escala é usada sobretudo para medir o grau de açúcar dissolvido, por exemplo em bebidas, sendo que tendencialmente, um grau de Brix corresponde a um grama de glucose presente em cem gramas de solução (Jaywant et al., 2022).

Desta forma, a medição de amostras pode ser elaborada a partir de dois equipamentos: o densímetro, um dispositivo de vidro usado para medir a gravidade específica; ou o refratómetro, o aparelho que se baseia no princípio da refração de luz (Jaywant et al., 2022; S Lacerda et al., 2014).

O refratómetro é constituído por um led que emite um feixe de luz que após atingir a amostra é refletida, desta forma, o aparelho mede a refração total, convertendo o valor de leitura em valores, como, o grau de Brix, o índice de refração, entre outros, dependendo do tipo de unidade requisitada pelo manuseador (Mettler Toledo, 2024b).

O refratómetro digital RX-5000i (**figura 19**), da ATAGO, permitiu a recolha de dados, na forma de percentagem, após a recolha de amostras no fim da etapa de separação e do tratamento térmico, tendo sido necessário uma baixa quantidade de amostra, o suficiente para revestir o sensor do equipamento (Cetec, 2024).



Figura 19 - Equipamento RX-5000i, utilizado para medir a percentagem de teor de sólidos solúveis das amostras. Imagem retirada do site oficial da Cetec, 2024.

3.6 Análise dos Parâmetros Nutricionais Gerais

Os parâmetros nutricionais gerais foram analisados por uma entidade externa, o que manifestou um valor monetário associado. Por tal motivo, apenas foi possível fazer uma análise de cada referência e não de cada produção, o que por sua vez impediu fazer a comparação dentro da mesma referência.

Na verdade, estes parâmetros foram avaliados pela empresa Silliker Portugal, S.A, a qual se encontra associada ao ramo agroalimentar e que surgiu com o intuito de dar resposta às necessidades do mercado, o qual cada vez mais procura a prevenção da qualidade e da segurança alimentar (Mérieux NutriSciences, 2024b).

De facto, tal instituição encontra-se acreditada pela IPaC (Instituto Português de Acreditação), segundo a ISO/IEC 17025, que declara a competência técnica dos seus laboratórios, assegurando a precisão, exatidão e repetibilidade dos resultados analíticos obtidos (Mérieux NutriSciences, 2024a).

3.7 Aquecimento Óhmico

No decorrer desta dissertação, foi também testado a aplicação de novas tecnologias, em parceria com a universidade do Minho, a qual disponibilizou a tecnologia de aquecimento óhmico, numa escala laboratorial.

Neste sentido, nas instalações da Benefit foi preparado, em laboratório, cerca de 2 L de base concentrada, de forma a que um 1 L tenha sido reservado para os testes nos laboratórios da Universidade do Minho, e o restante foi submetido a um aquecimento térmico tradicional, a partir do uso de uma autoclave.

Deste modo, foi possível garantir que a base submetida à nova tecnologia se encontrava conforme e garantir que o seu comportamento iria ter, ou não, uma evolução diferente à verificada, durante o processo tradicional.

3.8 Tratamento de Dados

Os dados obtidos a partir da análise de cada referência foram tratados através do programa GraphPad Prism 9, o que permitiu a organização e a conversão dos valores obtidos em formato de gráficos, os quais apresentados no decorrer deste documento.

4. Resultados e Discussão

4.1 Avaliação dos Parâmetros Físicos de Produção

O departamento da Benefit, tal como mencionada anteriormente, incorpora na produção dos seus produtos, um conjunto de três etapas, a saber: a mistura; a separação; e o tratamento térmico. De forma que a mistura, ainda pode ser fracionada em três fases principais, designadamente, a liquefação, a sacarificação e o cozimento.

Neste sentido, foi realizado o acompanhamento desta primeira etapa, e para cada referência foram registados os valores dos parâmetros representados na **tabela 2**, a qual indica a sua média e respetivo desvio padrão.

Tabela 2 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associados ao tempo e às temperatura atingidas em cada fase da mistura, referentes a cada tipo de referência monitorizada.

Fase	Parâmetro	BEN 524		BEN 663		BEN 655	
		Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Liquefação	Tempo (minutos)	21	2,5	20	3,5	22	2,6
	Temperatura (°C)	86,8	0,603	85,8	0,436	81,7	0,200
Inativação	Tempo (minutos)	–	–	–	–	5	0
	Temperatura (°C)	–	–	–	–	79,0	1,72
Sacarificação	Tempo (minutos)	23	0,58	20	0,58	11	1,5
	Temperatura (°C)	64,0	0,116	60,4	0,666	57,6	0,436

Cozimento	Tempo (minutos)	30	0	30	0	40	0
	Temperatura (°C)	65,7	1,13	60,3	0,361	56,6	0,100

A partir da **tabela 2** é possível averiguar que independentemente da referência supervisionada, durante a etapa de liquefação, a temperatura do processo é mantida entre os 80 °C e os 90 °C, com um desvio-padrão inferior a 1 °C. Adicionalmente, o período que esta fase ocupa é cerca de 21 minutos, todavia o desvio-padrão pode atingir quase os 4 minutos, tal como observado na referência BEN 663.

Na referência BEN 655, é incluída posteriormente a fase de inativação com o intuito de facilitar a inativação enzimática em fazes decorrentes, sendo para tal mantida uma temperatura de cerca 79 °C durante 5 minutos.

Subsequentemente, tem lugar a fase de sacarificação na qual a temperatura em todas as referências avaliadas foi de cerca 60 °C, com um desvio-padrão inferior a 1 °C. No entanto, quando avaliado o seu tempo de duração, é constatado que a referência BEN 524 e a BEN 663, estendem esta fase cerca de 10 minutos a mais, em comparação com a BEN 655.

Por fim, ainda através da **tabela 2** é observado que a fase de cozimento na última referência identificada, BEN 655, é 10 minutos superior às restantes e com uma temperatura média inferior aos 60 °C, diferenciando-se mais uma vez das restantes.

Tabela 3 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associado à quantidade de produto centrifugado, do tempo de separação, à quantidade de produto orgânico formado e à quantidade de base armazenada para cada uma das referências monitorizadas.

Parâmetro	BEN 524		BEN 663		BEN 655	
	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Base Centrifugada (Litros)	2428	6,658	2383	54,35	2135	158,6
Tempo (minutos)	57	3,1	57	0,58	54	4,5
Produto Orgânico (Quilogramas)	511	9,54	503	31,4	454	31,4
Base Armazenada (Litros)	2053	15,62	1985	28,68	1815	76,89

Na etapa de separação os seus parâmetros encontram-se evidenciados na **tabela 3**, sendo observado que em nenhuma das bases produzidas, a sua quantidade ultrapassa substancialmente os 2400 L, uma vez que a capacidade máxima de cada tanque de mistura contorna este mesmo valor.

Ademais, é constatado que quanto menor a média da quantidade de base produzida e encaminhada para a centrifuga decanter, maior o desvio-padrão observado.

Na realidade, foi igualmente observado que uma menor quantidade de base centrifugada resulta tanto numa menor quantidade de produto orgânico, bem como numa menor quantidade de base armazenada. Apesar disso, a duração da etapa permanece similar nas três situações acompanhadas, sendo o valor de desvio-padrão mais elevado de 5 minutos.

No **anexo 3**, é possível ter a perceção esquemática das características físicas de cada etapa, até à fase da separação, onde estão representados os valores médios esperados e resumida a informação anteriormente referida.

4.1.1 Rendimento da Produção

No decurso do processo, a matéria-prima utilizada foi convertida numa quantidade de produto final específico (**tabela 4**), requisitada por um determinado cliente. No entanto, este processo não apresenta um rendimento de 100 %, devido a perdas que podem ocorrer ao longo da linha de produção.

Deste modo, com base na **tabela 4** e na **equação (2)** é possível ter uma perceção do nível de rendimento teórico, isto é, o esperado, e o rendimento real, correspondente ao obtido no fim da produção, ambos representados na **tabela 5**.

Tabela 4 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associado à quantidade de matéria-prima utilizada e à quantidade de produto embalado, em cada uma das referências monitorizadas.

Parâmetros	BEN 524		BEN 663		BEN 655	
	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Matéria-Prima (Quilograma)	32120	36,320	31856	103,80	26024	388,20
Produto Embalado (Quilograma)	25127	248,50	24927	699,80	20000	0,0000

$$\text{rendimento da produção} = \frac{\text{peso de produto embalado}}{\text{peso de matéria – prima utilizada}} * 100 \% \quad (2)$$

Tabela 5 - Representação do rendimento teórico e do rendimento real no fim do processo, calculado a partir da equação 2 em cada umas das referências monitorizadas.

	BEN 524	BEN 663	OBEN 655
Parâmetro			
Rendimento Teórico (%)	74,77	75,48	77,64
Rendimento Real (%)	78,23	78,25	76,85

Neste sentido, é possível verificar que os rendimentos reais das duas primeiras referências são superiores ao rendimento teórico, o que cerca os 78 %. Ao passo que, a base concentrada BEN 655 apresenta um rendimento inferior ao identificado teoricamente, atingindo os 76,85 %, ao invés dos 77,64 % esperados.

Na verdade, pode ainda ser feito o cálculo do rendimento durante a etapa de separação, dado que é a fase na qual ocorre a maior perda de rendimento, o que permite verificar a eficácia desta operação. Para tal, foi aplicada a **equação (2)**, substituindo o “peso de produto embalado” pelo volume de “base armazenada”, e o “peso de matéria-prima utilizada” pelo volume de “base centrifugado”, sendo que os valores obtidos *à posteriori* estão representados na **tabela 6**.

Tabela 6 - Representação do rendimento real, da etapa de separação, em cada uma das referências monitorizadas. Para tal, foi aplicada novamente a equação 2, após sujeita às alterações necessárias.

	BEN 524	BEN 663	BEN 655
Parâmetro			
Rendimento Real (%)	84,56	83,30	85,01

Mediante esta tabela, podemos verificar que independentemente da referência, o rendimento real é superior a 80 %. No entanto, é observado que a referência BEN 655 possui o maior rendimento na fase de separação, o que poderá significar que após esta etapa, as condições de processo podem causar uma maior perda de produto, quando comparado às restantes bases acompanhadas.

Complementarmente, a referência BEN 663 que apresenta um rendimento ligeiramente superior no fim da produção é a que reflete um rendimento ligeiramente menor na etapa de separação. Assim sendo, pode ser proposto que um rendimento menor durante a separação, provoca a conservação de uma maior quantidade de matéria suspensa na base, o que por sua vez poderá impactar o desempenho das etapas seguintes, por exemplo, influenciando a retenção de água.

4.2 Análise dos Aspetos Físico-Químicos das Bases Concentradas

4.2.1 Evolução da Concentração da Glucose ao Longo da Etapa de Mistura

No decorrer da etapa do cozimento, foi feita a análise da concentração de glucose, com o intuito de acompanhar a sua evolução. Desta forma, os dados presentes na **tabela 7**, retratam o valor médio das amostras recolhidas, o que permite fazer a uma extrapolação para futuras produções.

Tabela 7 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão, associado à concentração de glucose e à temperatura, das amostras recolhidas durante a fase de cozimento, em cada uma das referências monitorizadas.

Tempo (minutos)	Parâmetro	BEN 524		BEN 663		BEN 655	
		Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
5	Concentração de Glucose (g/L)	27,64	3,948	16,40	2,228	69,15	0,8470
	Temperatura (°C)	64,90	0,153	59,50	0,577	56,10	0,896
15	Concentração de Glucose (g/L)	47,13	2,808	23,42	2,627	77,35	3,208
	Temperatura (°C)	65,10	0,950	60,10	0,551	55,60	0,058
25	Concentração de Glucose (g/L)	61,65	3,001	27,51	2,546	82,71	5,345
	Temperatura (°C)	66,30	0,300	61,30	0,945	55,90	0,586
30	Concentração de Glucose (g/L)	68,84	6,727	32,96	3,087	86,98	4,733
	Temperatura (°C)	66,00	0,889	60,80	1,70	55,60	0,058
35	Concentração de Glucose (g/L)	-	-	-	-	89,50	4,401

	Temperatura (°C)	-	-	-	-	55,90	0,265
40	Concentração de Glucose (g/L)	-	-	-	-	92,68	4,615
	Temperatura (°C)	-	-	-	-	55,60	0,058

Desta forma, é verificado que a referência BEN 524 demonstra um aumento da concentração de glucose com o decorrer do tempo. Além de que, com à exceção do valor identificado aos 30 minutos de cozimento, o desvio padrão entre as produções não demonstra ultrapassar os 4 g/L.

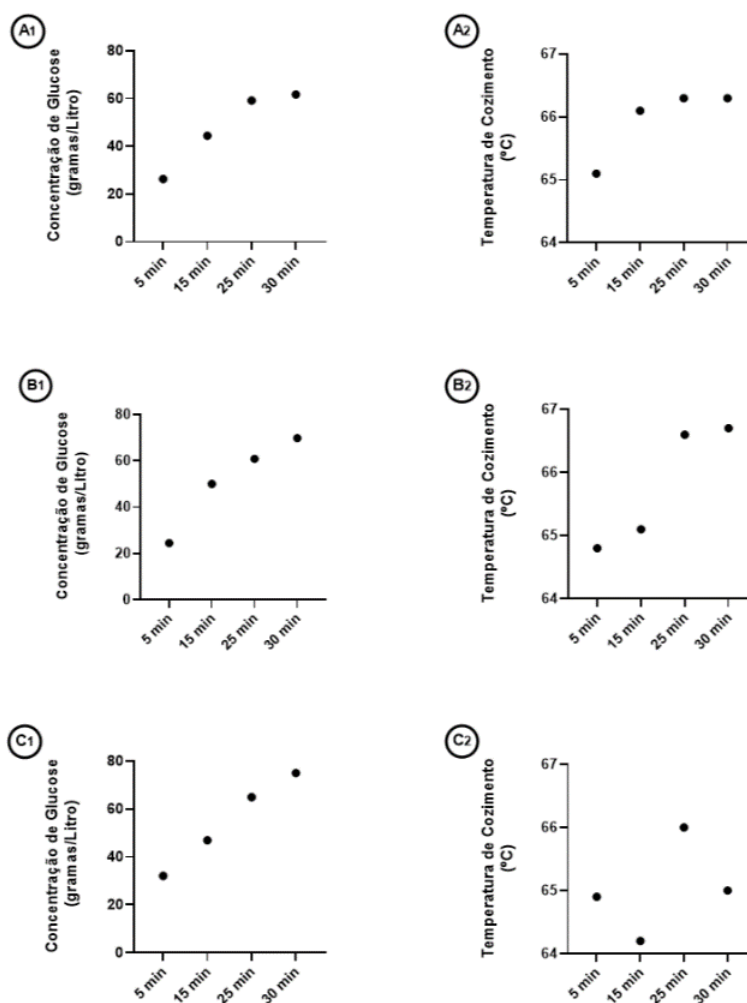


Figura 20 - Representação gráfica da concentração de glucose (1) e da temperatura (2), para cada uma das produções acompanhadas, referente à referência BEN 524. Além do mais, estas mesmas produções encontram-se identificadas segundo o seguinte princípio: a primeira produção diz respeito aos gráficos com a letra (A); a segunda produção corresponde à letra (B); e por fim a terceira produção diz respeito aos gráficos representados como (C).

Na realidade, quando observada a **figura 20**, associada à concentração de glucose em cada produção e à temperatura do processo, é possível conferir que a curva correspondente à formação de glucose tende a apresentar uma estabilização dos seus valores.

No caso da referência BEN 663, segundo a **tabela 7** é também verificado o aumento na concentração, sendo que o desvio-padrão entre as produções se encontra em torno dos 3 g/L. Adicionalmente, quando verificada a **figura 21**, é visível que em contraste à referência anterior a concentração de glucose não aparenta estabilizar no final desta etapa, mantendo um declive positivo.

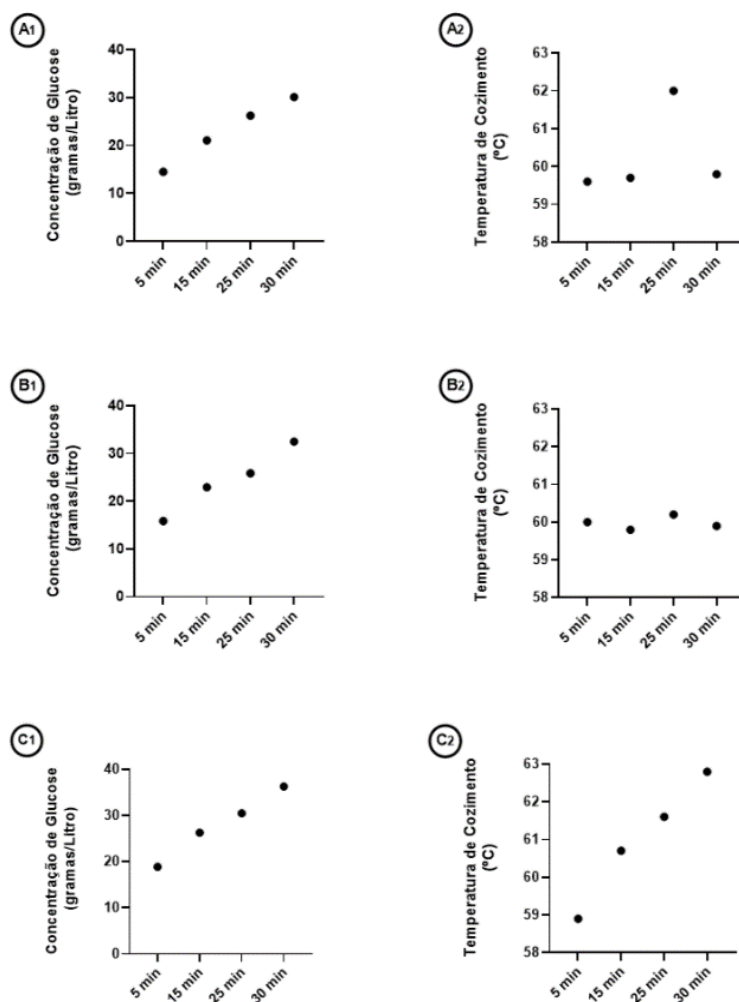


Figura 21 - Representação gráfica da concentração de glucose (1) e da temperatura (2) para cada uma das produções acompanhadas, referente à referência BEN 663. Além do mais, estas mesmas produções encontram-se identificadas segundo o seguinte princípio: a primeira produção diz respeito aos gráficos com a letra (A); a segunda produção corresponde à letra (B); e por fim a terceira produção diz respeito aos gráficos representados como (C).

Referente à base BEN 655, é verificado a partir da **tabela 7**, que efetivamente a concentração de glucose aumenta, porém, o desvio-padrão entre produções pode chegar aos 5,3 g/L, sendo a referência que aparenta ter uma maior discrepância entre produções.

Ademais, segundo a **figura 22**, é observado que duas das produções acompanhadas aparentam ter uma estabilização na curvatura inerente à concentração de glucose, do mesmo modo ao apresentado na referência BEN 524.

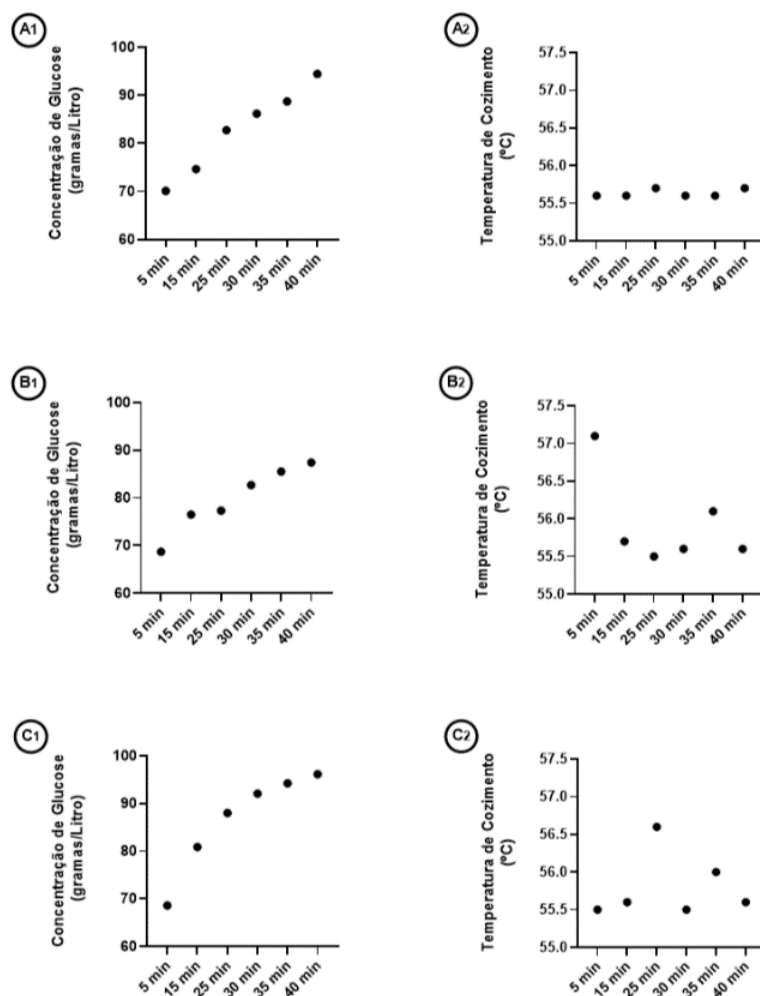


Figura 22 - Representação gráfica da concentração de glucose (1) e da temperatura (2) por cada uma das produções acompanhadas, referentes à referência BEN 655. Além do mais, estas mesmas produções encontram-se identificadas segundo o seguinte princípio: a primeira produção diz respeito aos gráficos com a letra (A); a segunda produção corresponde à letra (B); e por fim a terceira produção diz respeito aos gráficos representados como (C).

De facto, na literatura disponível, é descrito que a atividade enzimática apresenta uma relação positiva com a quantidade de substrato disponível, isto é, um aumento na quantidade de substrato frequentemente é traduzido num aumento da atividade enzimática (Duddridge & Wainwright, 1982; Shu et al., 2016; Trevors, 1984).

Por outro lado, a quantidade de água disponível também demonstra ter influência na função da enzima, o que revela que quando o produto formado atinge uma dada concentração, a água livre permite causar a sua dispersão e aumentar a concentração de substrato em torno da enzima (Shu et al., 2016).

Deste modo, o cenário presente, tanto na referência BEN 524, como na BEN 655, pode estar associado a uma baixa quantidade de água ou à diminuição da concentração de substrato, o que provoca uma diminuição na quantidade de produto formado, por conseguinte, poderá sugerir a hipótese de diminuir ligeiramente o tempo do processo de cozimento, tornando menor o tempo de produção.

A formação de zonas de temperatura baixas ou elevadas, poderão também ser uma das possíveis explicações para o cenário observado em ambas as referências, devido ao impacto na atividade enzimática, como resultado de uma mistura ineficaz do produto. Ademais, também poderá ser uma reação à aplicação de uma temperatura inadequada, isto é, excessivamente baixa ou elevada.

Na realidade, é descrito na literatura, que a temperatura do meio em qual a enzima se encontra tem a capacidade de afetar a sua atividade, sendo apropriado manter um controlo eficiente deste parâmetro. Desta forma, é possível constatar que: quando a temperatura do meio é inferior à estipulada como ótima, a atividade enzimática é reduzida, o que resulta em reações lentas; já quando a temperatura se torna demasiada elevada é provocada uma inativação enzimática, diminuindo a transformação de substrato (Farooq et al., 2021; Shu et al., 2016; Trevors, 1984).

Na **tabela 7**, para além da concentração de glucose, também é apresentado a temperatura média que cada amostra possuía antes de ser recolhida, o que possibilita confirmar que apesar de serem aplicada diferentes temperaturas a cada referência, o seu desvio-padrão nunca ultrapassa os 2 °C, mantendo-se dentro do intervalo estipulado em receita.

Ainda na literatura, é indicado que a mistura de alimentos é um processo essencial e transversal a várias indústrias alimentares, com o objetivo de manter a homogeneidade do sistema, reduzindo o aparecimento de zonas de gradiente de concentração e de temperatura, e providenciar um produto mais uniforme (P. Cullen et al., 2017; P. J. Cullen, 2009).

Neste sentido, é corroborado a possibilidade de que uma má mistura pode implicar efetivamente a formação de uma base pouco uniforme, na qual se originam zonas de temperatura inadequadas e que afetam o desempenho das enzimas adicionadas ao processo.

4.2.2 Viscosidade Após a Etapa de Mistura

Seguidamente à análise da concentração de glucose, a viscosidade foi o parâmetro abordado, tendo sido analisado a três rotações diferentes: 30 RPM; 60 RPM; e 100 RPM. Assim sendo, os seus resultados encontram-se representados na **tabela 8**.

Tabela 8 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão associado à viscosidade, referente a cada uma das referências monitorizadas, após aplicação de três velocidades de rotação distintas.

Rotação	Parâmetro	BEN 524		BEN 663		BEN 655	
		Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
30 RPM	Viscosidade (cP)	266	110	361	33,8	114	9,40
60 RPM		230	49,7	329	37,3	121	11,4
100 RPM		216	26,2	313	45,7	120	8,80

Deste modo, é possível averiguar que o aumento das rotações provocou na referência BEN 524 uma diminuição na sua viscosidade, o que poderá sugerir que este tipo de base tem um comportamento de fluido não newtoniano, nomeadamente pseudoplástico. No entanto, é necessário ter em consideração que o desvio-padrão apresentado quando aplicada uma velocidade de 30 RPM é proeminente, o que pode tornar adequado uma nova repetição de avaliação.

Adicionalmente, tendo em conta a **figura 23**, mais especificamente os valores atingidos quando a velocidade do eixo utilizado corresponde a 100 RPM, dado que é o ponto com menor desvio-padrão (**tabela 8**), é observado que a primeira produção, é a que apresenta a maior viscosidade.

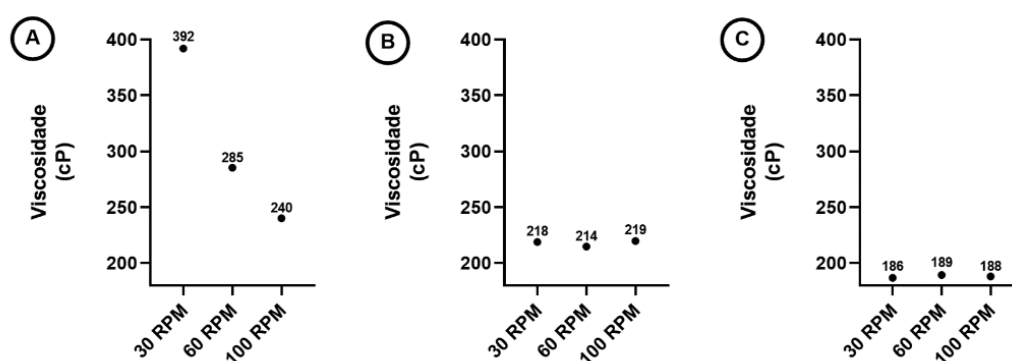


Figura 23 - Representação da viscosidade avaliada após a etapa da mistura, para a referência BEN 524, ao longo das diversas produções, sendo estas identificadas como: a primeira produção corresponde à letra (A); a segunda produção diz respeito à letra (B); e por fim a terceira produção encontra-se identificada com a letra (C).

Segundo a **figura 24**, a qual permite verificar as condições da etapa de separação, é verificado que esta produção apresenta uma das maiores quantidades de base centrifugada, e também uma das que apresenta uma quantidade de produto orgânico formado inferior, o que reflete num rendimento de até 84,78 % (**tabela 9**), todavia não espectado devido à sua viscosidade.

De facto, seria de esperar um comportamento semelhante à segunda produção, que também apresenta uma viscosidade superior à terceira produção (**figura 23**), no entanto o seu rendimento é inferior, o qual é apenas de 84,09% (**tabela 9**).

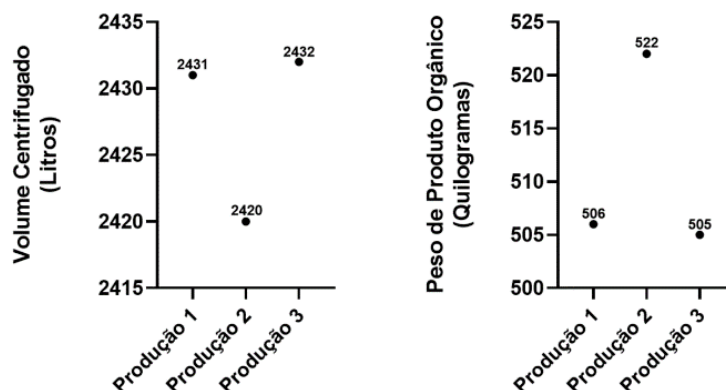


Figura 24 - Representação gráfica do volume centrifugado e da quantidade de produto orgânico formado durante cada uma das produções acompanhadas, associadas à referência BEN 524.

Tabela 9 - Representação do rendimento real da etapa de separação, em cada uma das produções da referência BEN 524, sendo que, para tal, foi aplicada a equação (2), após aplicada a divisão entre a quantidade de base armazenada na etapa intermediária e a quantidade de base centrifugada.

	Produção 1	Produção 2	Produção 3
Rendimento de Separação (%)	84,78	84,09	84,83

No caso da referência BEN 663, é também verificado que um aumento na velocidade do eixo é traduzido num menor valor de viscosidade, o que reflete um comportamento de um fluido não newtoniano, designadamente pseudoplástico. Efetivamente, quando comparando a viscosidade de cada produção a 30 RPM (**figura 25**), visto que é a que apresenta um menor desvio-padrão, é constatado que a primeira produção tem uma maior viscosidade.

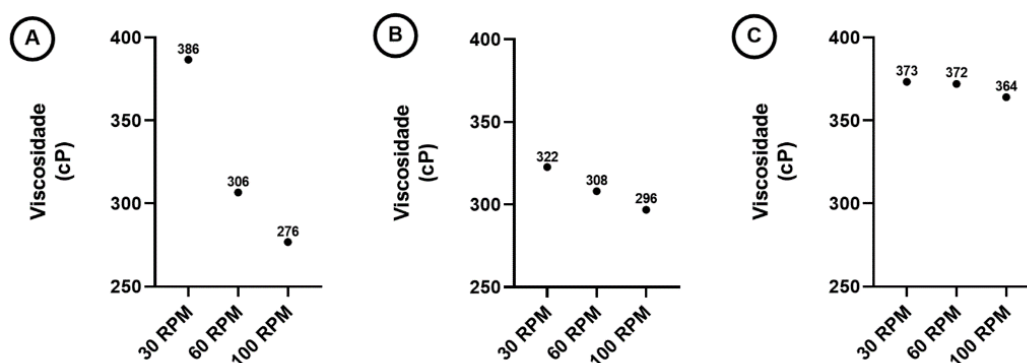


Figura 25 - Representação da viscosidade avaliada após a etapa da mistura, para a referência BEN 663, durante as diversas produções, sendo estas identificadas como: a primeira produção corresponde à letra (A); a segunda produção diz respeito à letra (B); e por fim a terceira produção encontra-se identificada com a letra (C).

Adicionalmente, é verificado que ao longo da separação, é a primeira produção que apresenta maior quantidade de produto orgânico formado, como apresentado na **figura 26**, o que seria previsto, dado que também aparenta uma maior quantidade de base centrifugada. Pelo contrário, quando comparado o valor de rendimento entre cada uma das produções, esta é a que apresenta o menor valor, em torno dos 82 %.

Quando comparado a segunda e a terceira produção, é observado que é a terceira produção que apresenta uma maior viscosidade e uma menor quantidade de base centrifugada, além de apresentar uma maior quantidade de produto orgânico formado, contudo o rendimento é de 84,33 % (**tabela 10**).

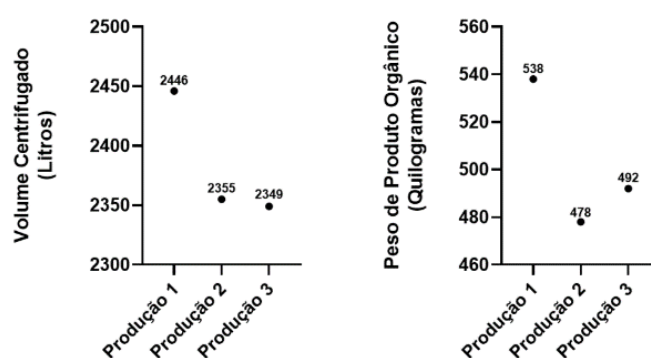


Figura 26 - Representação gráfica do volume centrifugado e da quantidade de produto orgânico formado durante cada uma das produções acompanhadas, associadas à referência BEN 663.

Tabela 10 - Representação do rendimento real da etapa de separação, em cada uma das produções da referência BEN 663, sendo que, para tal, foi aplicada a equação (2), após aplicada a divisão entre a quantidade de base armazenada na etapa intermediária e a quantidade de base centrifugada.

	Produção 1	Produção 2	Produção 3
Rendimento de Separação (%)	82,38	84,29	84,33

Relativamente, à referência BEN 655 é apurado que um aumento da velocidade do eixo não resulta numa diminuição, mas num aumento da viscosidade, demonstrado que esta base tem um comportamento semelhante a fluidos não newtonianos, neste caso dilatante. Além do mais, comparando as diferentes produções (**figura 27**) entre si é visível que a 100 RPM, ponto que apresenta menor desvio-padrão, a segunda produção é a que apresenta uma maior viscosidade.

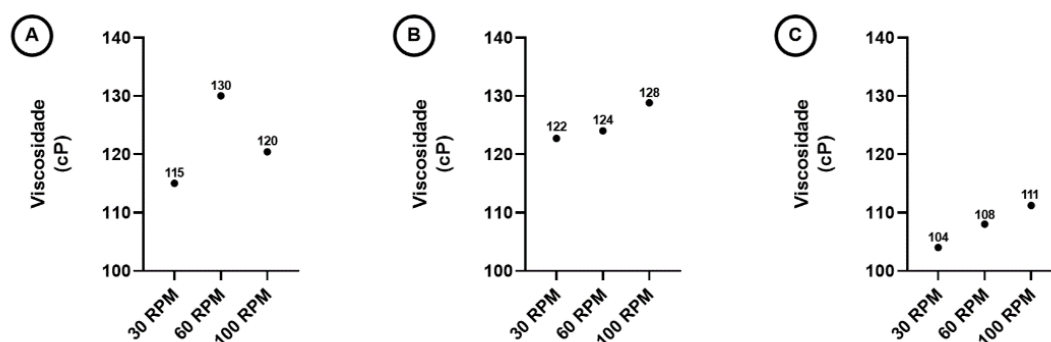


Figura 27 - Representação da viscosidade avaliada após a etapa da mistura, para a referência BEN 655, durante as diversas produções, sendo estas identificadas como: a primeira produção corresponde à letra (A); a segunda produção diz respeito à letra (B); e por fim a terceira produção encontra-se identificada com a letra (C).

Deste modo, é visível que uma maior viscosidade aparenta resultar numa maior quantidade de produto orgânico formado, dado que, apesar da segunda produção apresentar uma quantidade menor de base centrifugada, quando comparada à terceira produção, as suas quantidades de produto orgânico formadas são semelhantes (**figura 28**), contudo, na primeira situação, o seu rendimento é de apenas 82,14 % (**tabela 11**).

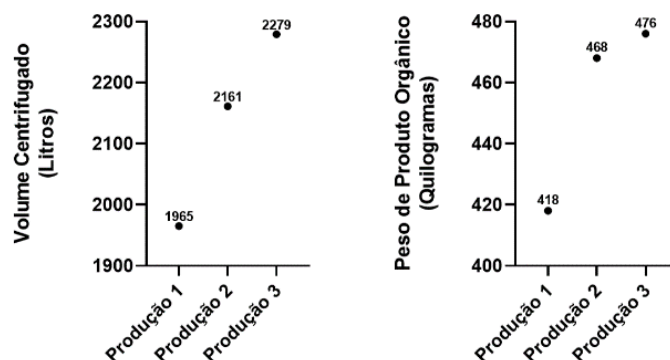


Figura 28 - Representação gráfica do volume centrifugado e da quantidade de produto orgânico formado durante cada uma das produções acompanhadas, associadas à referência BEN 655.

Tabela 11 - Representação do rendimento real da etapa de separação, em cada uma das produções da referência BEN 655, sendo que, para tal, foi aplicada a equação (2), após aplicada a divisão entre a quantidade de base armazenada na etapa intermediária e a quantidade de base centrifugada.

	Produção 1	Produção 2	Produção 3
Rendimento de Separação (%)	89,92	82,14	83,55

De facto, independente da referência acompanhada é mencionado que todas elas apresentam um comportamento de fluido não newtoniano, o que significa que quando aplicadas diferentes tensões de cisalhamento a sua viscosidade pode variar, contrário ao que é observado em fluidos newtonianos como a água (Chhabra, 2010; Science Learning Hub, 2010).

No entanto, estes tipos de bases podem ainda ser classificadas de modo mais concreto, dependendo do comportamento observado, no caso: da referência BEN 524 e BEN 663 é apontado a possibilidade de estas terem um comportamento característicos de pseudoplásticos, dado que, tal como a literatura refere, este tipo de fluidos quando submetidos a um aumento de tensão de corte refletem uma diminuição na sua viscosidade; a referência BEN 655, levanta a hipótese de um comportamento dilatante, visto que um aumento na tensão de cisalhamento é refletido como um aumento na viscosidade da solução (Boger, 1977; Miranda et al., 2011; Nakanishi et al., 2012; Science Learning Hub, 2010).

Ademais, ao longo da apresentação dos resultados é referido uma possível relação entre a viscosidade e a eficiência da separação, sendo corroborado pelos artigos disponíveis, o que demonstram que tendencialmente uma maior viscosidade resulta numa menor eficiência de separação, podendo ser pertinente testar diferentes velocidades de separação (Bradt Möller e Scholl, 2015; Dolphin Centrifuge, 2020).

4.2.3 Teor de Sólidos Totais da Base Concentrada Após a Etapa de Mistura e o Teor de Humidade do Produto Orgânico Formado Após a Separação

O teor de sólidos totais e o teor de humidade foram parâmetros avaliados, tanto na base após a etapa de mistura, bem como no produto orgânico formado devido à etapa de separação. Desta forma, os valores obtidos para cada referência foram representados na **tabela 12**.

Tabela 12 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão associado ao teor de sólidos totais da base, bem como ao teor de humidade do produto orgânico, em cada uma das referências monitorizadas.

Parâmetros	BEN 524		BEN 663		BEN 655	
	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Teor de Sólidos Totais da Base (%)	37,7	1,71	37,2	1,14	28,1	0,939
Teor de Humidade do Produto Orgânico (%)	52,9	1,72	46,6	5,56	54,3	0,841

Segundo a **tabela 12**, é observado que na referência BEN 524, a base apresenta um teor de sólidos totais em torno dos 38 %. Quanto ao produto orgânico é observado que cerca de 53 % do seu peso corresponde a humidade (**tabela 12**), ou seja, tendo em consideração que é produzido 511 Kg de resíduo por cada tanque de mistura (**tabela 3**), significa que em torno de 271 Kg correspondem ao teor de humidade.

A referência BEN 663 também apresenta um teor de sólidos totais semelhante à base anterior, ou seja, por volta dos 37 % (**tabela 12**). No entanto, em contraste, o valor de humidade apresentado pelo seu produto orgânico é de apenas 46,6 % (**tabela 12**), o que significa que 234,4 Kg dos 503 Kg de resíduo produzido por cada tanque de mistura (**tabela 3**), equivalem à água utilizada durante o processo.

Na realidade, ambas as referências têm as mesmas condições de separação, isto é, a centrífuga decanter apresenta um caudal de alimentação equivalente a 2,3 m³/h, a velocidade do motor é de 4273 RPM e a velocidade diferencial é de 1600 RPM. Assim sendo, a alteração das condições do equipamento pode ser pertinente, dado que pode causar um impacto no rendimento de ambas as referências acompanhadas.

Paralelamente, a referência BEN 655 apresenta um teor de sólidos totais de 28,1 % (**tabela 12**). Complementarmente, é visível que o teor de humidade presente no produto orgânico corresponde a cerca de 54,3 % (**tabela 12**), ou seja, dos 454 Kg de resíduo obtido de cada tanque de mistura (**tabela 3**), cerca de 247 Kg correspondem à água empregue na produção da base.

Na realidade, contrariamente às referências antecedentes, a centrífuga decanter é alimentada através de um caudal de 1,9 m³/h, todavia o motor mantém a velocidade de 4273 RPM e a velocidade diferencial de 1600 RPM. Neste sentido, seria aliciante mais uma vez testar um novo conjunto de condições de forma a verificar o tipo de impacto refletido no rendimento durante a etapa de separação.

4.2.4 Teor de Sólidos Solúveis, Concentração de Glucose e Teor de Sólidos Totais Após a Etapa de Separação

O teor de sólidos solúveis, a concentração de glucose e o teor de sólidos totais após a etapa de separação foram avaliados para cada uma das referências, sendo os valores para cada parâmetro representados na **tabela 13**.

Tabela 13 - Representação do valor médio e respetivo desvio-padrão associado ao teor de sólidos solúveis, à concentração de glucose e ao teor de sólidos totais, em cada uma das referências monitorizadas.

Parâmetro	BEN 524		BEN 663		BEN 655	
	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Teor de Sólidos Solúveis (%)	31,83	1,528	31,50	1,778	22,80	1,609
Concentração de Glucose (g/L)	107,5	13,06	78,87	5,795	118,3	7,921
Teor de Sólidos Totais (%)	34,40	0,610	34,10	1,870	24,00	1,050

Deste modo, é possível constatar que a concentração de glucose na referência BEN 524 aumenta desde o momento do fim do cozimento até ao fim da separação, sendo que de 68,84 g/L (**tabela 7**) passou a 107,5 g/L (**tabela 13**).

A referência BEN 663, também aparenta um aumento na concentração de glucose de quase o dobro, passando de um valor de 32,97 g/L no fim do cozimento (**tabela 7**) para 78,87 g/L no fim da separação (**tabela 13**).

Ademais, a última referência torna a reiterar o mesmo tipo de cenário, ou seja, a referência BEN 655 sofre um aumento na sua concentração de glucose de 92,68 g/L no fim do cozimento (**tabela 7**) para 118,3 g/L no fim da separação (**tabela 13**).

De facto, este tipo de demonstração pode sugerir um diverso conjunto de hipóteses, algumas das quais: devido ao caudal de alimentação estipulado, pode haver um congestionamento na alimentação da centrífuga decanter e, conseqüentemente, a base produzida mantém-se mais tempo no tanque de mistura o qual pode manter as condições necessárias para a formação de glucose, refletindo num tempo de cozimento superior ao identificado; a perda de água juntamente com a eliminação do produto orgânico pode induzir um aumento na concentração da glucose; ou após a separação as condições de armazenamento permanecem favoráveis à atividade enzimática, o que leva a uma conversão do substrato remanescente.

Adicionalmente, o teor de sólidos totais da base é um parâmetro que também demonstrou alterações, sendo que na referência: BEN 524 verificou-se uma diminuição de 37,7 % antes da separação (**tabela 12**) para 34,4 % depois da separação (**tabela 13**); na BEN 663, o teor de sólidos totais diminuiu de 37,2 % antes da separação (**tabela 12**) para 34,1 % após esta etapa (**tabela 13**); e na BEN 655, este parâmetro apresentou um decréscimo de 28,1 % antes da separação (**tabela 12**) para 24,0 % após a separação (**tabela 13**).

Na verdade, este panorama era expectável, uma vez que após a separação, parte dos sólidos em suspensão são descartados. Além do mais, este decréscimo não é mais acentuado possivelmente devido à taxa de rendimento da etapa de separação (**tabelas 6**) e pelo facto de uma parte das substâncias presentes na matéria-prima sofrerem solubilização, não sendo descartadas como resíduo orgânico.

4.2.5 Teor de Sólidos Solúveis, Concentração de Glucose e Teor de Sólidos Totais Após a Etapa de Tratamento Térmico

Subsequentemente à etapa de separação, a base segue para um tratamento térmico baseado em ultrapasteurização, através da injeção de vapor de água, seguindo de um *vacum-flash cooling*, o qual permite retirar a água adicionada.

Desta forma, é observado através da **figura 29**, a qual compara os valores de cada parâmetro antes e depois do tratamento térmico, que apenas concentração de glucose da referência Ben 534 sofre uma alteração mais proeminente, de 107,5 g/L para 119,4 g/L.

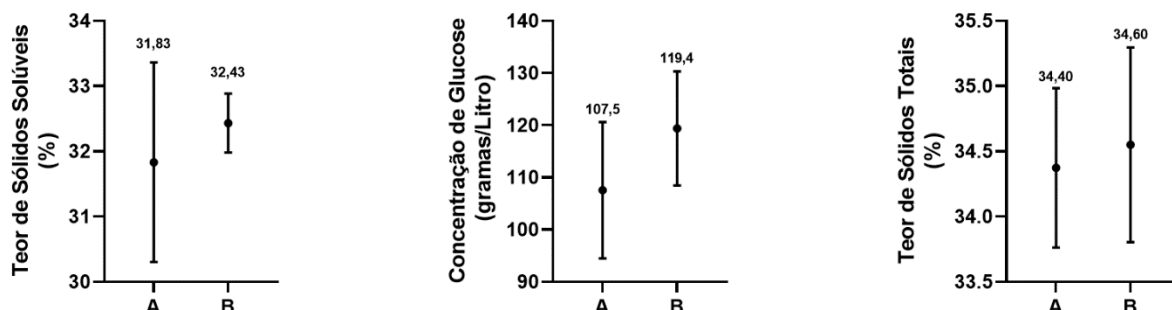


Figura 29 - Representação gráfica do valor médio e do desvio-padrão do teor de sólidos solúveis, da concentração de glucose, e do teor de sólidos totais antes (A) e após (B) a etapa do tratamento térmico, relativamente à referência BEN 524.

Segundo a **figura 30**, a referência BEN 663 demonstra, igualmente, um comportamento semelhante ao caso anterior, ou seja, com a exceção do teor de sólidos totais: o teor de sólidos solúveis aparenta uma mudança de 31,50 % antes do tratamento térmico para 33,33 % após o tratamento térmico; e a concentração de glucose passa de 78,87 g/L para 92,48 g/L depois do tratamento térmico.

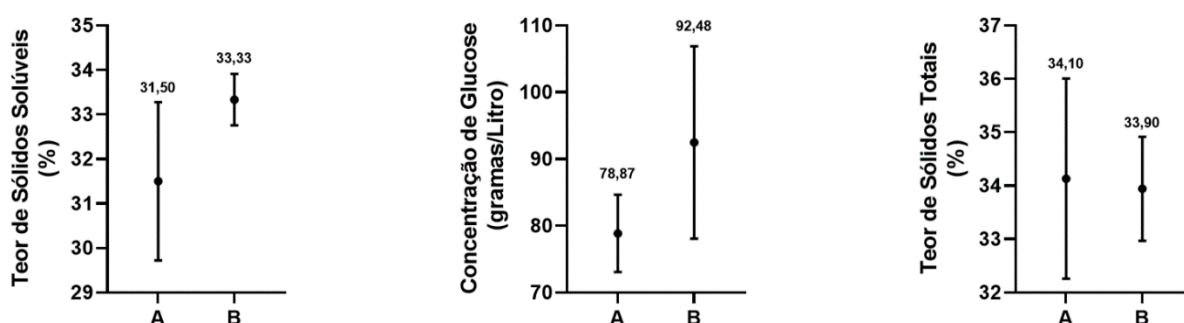


Figura 30 - Representação gráfica do valor médio e do desvio-padrão do teor de sólidos solúveis, da concentração de glucose, e do teor de sólidos totais antes (A) e após (B) a etapa do tratamento térmico, relativamente à referência BEN 663.

No caso, da referência BEN 655, mais uma vez, os parâmetros representados na **figura 31** demonstraram uma alteração, todavia, este efeito é mais proeminente na concentração de glucose, a qual passou de 118,3 g/L para 125,1 g/L; enquanto o teor de sólidos totais e o teor de sólidos solúveis demonstrou apenas uma diferença subtil.

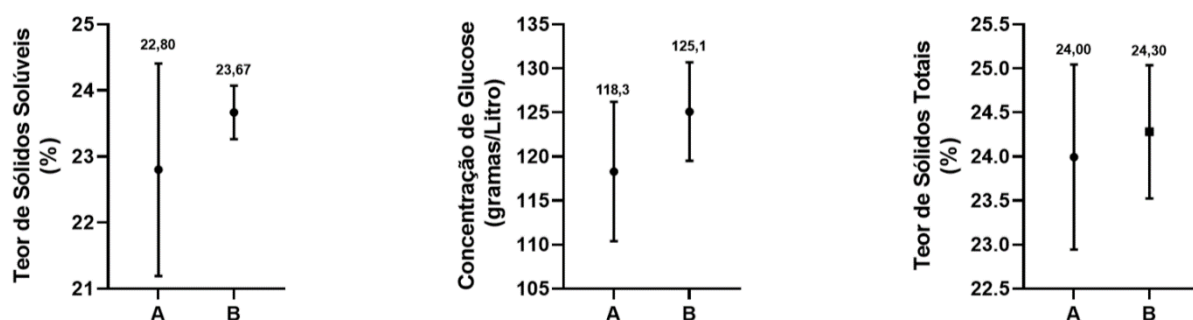


Figura 31 - Representação gráfica do valor médio e do desvio-padrão do teor de sólidos solúveis, da concentração de glucose, e do teor de sólidos totais antes (A) e após (B) a etapa do tratamento térmico, relativamente à referência BEN 655.

Neste sentido, apesar de não ser possível identificar se esta etapa causa diferenças significativas entre os valores, é possível verificar que possui um impacto nas características finais do produto. De modo que, possa ser uma etapa na qual a aplicação de novas tecnologias ou alteração das condições permitam satisfazer futuros requisitos de clientes, por exemplo, quanto às propriedades físico-químicas do produto.

Na realidade, esta variação no valor dos parâmetros abordados pode ter diferentes origens, como: a utilização do *vacum-flash cooling*, o que poderá remover uma quantidade de água superior à qual foi adicionada para induzir a esterilização do produto, causando deste modo um aumento na concentração das substâncias; outra possibilidade, pode estar relacionada com o local onde se efetuou o levantamento de amostras, uma vez que, antes do tratamento térmico a base encontrava-se num tanque de armazenamento sem agitação.

Deste modo, existe a possibilidade de um favorecimento na distribuição heterogénea de partículas, o que reflete num maior desvio-padrão dos resultados registados. Em todo o caso, este cenário possui menos probabilidade de ocorrer após o tratamento térmico devido ao movimento que a base sofre durante este processo.

De facto, o processo de *vacum-flash cooling* é apresentado, pelos estudos desenvolvidos, como um processo profícuo no arrefecimento de alimentos, todavia uma das suas desvantagens é de facto a sua tendência em induzir a perda de massa causada pela evaporação de água. Não obstante, um modo de contornar esta desvantagem é a pulverização ou adição de água, por exemplo, na superfície de frutas e vegetais, antes da aplicação desta tecnologia (Drummond et al., 2014; Zhu et al., 2019).

Relativamente, à possibilidade de o efeito de agitação influenciar os resultados obtidos, já foi referido anteriormente que a agitação é um processo importante na indústria alimentar, e que quando não

aplicada efetivamente pode provocar a distribuição heterogênea de partículas, o que pode por isso provocar cenários semelhantes ao alcançado (P. Cullen et al., 2017).

4.2.6 Análise dos Parâmetros Nutricionais Gerais

No decorrer deste projeto foi feita a análise de um conjunto de parâmetros por uma entidade externa, de cada uma das referências acompanhadas, após a etapa de mistura. Desta forma, os valores para cada um deles encontram-se representados na **tabela 14**.

Tabela 14 – Análise dos parâmetros nutricionais gerais, elaborada por uma entidade externa, após a receção das amostras, implícitas a cada uma das referências monitorizadas, após a etapa de mistura.

Parâmetro	BEN 524	BEN 663	BEN 655
Humidade (%)	59,8	63,4	71,5
Proteína Bruta (%)	5,09	5,26	4,52
Matéria Gorda (%)	3,20	3,20	2,20
Cinza Total (%)	0,660	0,710	0,590
Fibra Alimentar (%)	2,50	3,40	3,50
Hidratos de Carbono (%)	28,7	24,0	17,7
Energia por 100g (Kcal)	169,2	152,7	115,8
Concentração de Frutose (g/Kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Concentração de Glucose (g/Kg)	83,5	46,1	105,0
Concentração de Sacarose (g/Kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Concentração de Maltose (g/Kg)	55,0	39,5	3,30
Concentração de Lactose (g/Kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Açúcares Totais (g/Kg)	139	85,6	108
Amido (%)	4,6	2,00	5,60

Desta forma, após aplicar a **equação (1)** ao valor de humidade, correspondente à referência BEN 524, é obtido um valor de teor de sólidos totais correspondente a 40,2 %, enquanto o valor revelado na **tabela 12** é de 37,7 %, por conseguinte é percebido um ligeiro distanciamento entre valores.

Relativamente à concentração de glucose, há um desvio acentuado entre os valores expressos através das análises elaboradas em contexto empresarial, dado que esta corresponde a 68,84 g/L (**tabela 7**), enquanto o valor determinado pela entidade externa seria de 83,5 g/Kg (**tabela 12**).

De facto, este cenário pode ter ocorrido como consequência a uma inativação ineficaz da enzima após coleta de amostra, o que permitiu no período decorrente até à elaboração das análises o desempenho de uma atividade enzimática residual não desejada.

Por outro lado, poderá ser devido ao uso de métodos distintos para a determinação deste tipo de parâmetro, os quais apresentam os seus próprios erros associados, o que pode provocar uma ênfase nas diferenças nos valores obtidos por ambas as metodologias.

Ainda a partir da **tabela 14**, é demonstrado que cerca de 4,6 % da amostra equivale ao amido, o que indica a presença de substrato que poderá ser convertido em açúcares, não reiterando o panorama observado na **figura 20**, ou seja, não seria previsível ocorrer uma diminuição na concentração de glucose.

Desta forma, esta estabilização registada na **figura 20** pode estar associado às questões levantadas em torno da temperatura, à qual o processo é submetido, e que pode posteriormente causar um impacto na atividade das enzimas utilizadas.

Paralelamente, a presença desta quantidade de amido apoia os valores refletidos na **tabela 13**, na qual é verificado um aumento da concentração de glucose, reforçando a hipótese de que as condições às quais a base é submetida, posteriormente à etapa de mistura, são suficientes para manter uma atividade enzimática residual.

No caso da referência BEN 663, após aplicar a **equação (1)** ao valor da humidade tabelado, o seu teor de sólidos totais corresponde a 36,6 % o que se verifica, não distanciar muito do valor presente na **tabela 12**, correspondente a 37,7 %, mantendo-se dentro do desvio-padrão também tabelado, como 1,71 %.

A nível da concentração de glucose, é visível que para esta referência a sua concentração é de 46,1 g/Kg, distanciando-se do valor presente na **tabela 7**, correspondente a 32,96 g/L, sendo uma diferença superior ao desvio-padrão de 3,087 g/L. Na realidade, este panorama é semelhante ao decorrido na referência anterior, por tal motivo, poderão ser levantadas as mesmas possibilidades, isto é, a inativação

ineficaz da enzima após coleta da amostra, ou o resultado da utilização de métodos distintos na análise deste parâmetro.

Adicionalmente, a partir da **tabela 14** é observado que cerca de 2 % da amostra corresponde a amido, ou seja, demonstra a existência de substrato, mesmo que em baixa quantidade, o qual poderá ser utilizado na atividade enzimática para a produção de glucose, desde que mantidas as condições favoráveis.

Deste modo, é possível de corroborar os dados representados na **figura 21**, os quais demonstram um aumento linear na formação de glucose com a aproximação do fim da etapa de cozimento, bem como os valores da concentração da glucose após a etapa de separação (**tabela 13**), que sugerem que caso as condições do meio sejam mantidas favoráveis, possa existir uma atividade enzimática residual, quer antes ou após a etapa de separação.

Quanto à referência BEN 655, após aplicar a **equação (1)** ao valor de humidade (**tabela 14**) é traduzido um teor de sólidos totais de 28,5 %, o que por sua vez não se distancia consideravelmente do valor 28,1 %, indicado na **tabela 12**, juntamente com o seu desvio-padrão de 0,939 %.

Paralelamente, a concentração de glucose para esta referência é indicada ser de 105,0 g/Kg, que em contraste com o teor de sólidos totais, afasta-se dos 92,68 g/L, mencionados na **tabela 7**, com desvio-padrão de apenas 4,615 g/L.

Desta forma, as hipóteses que se podem levantar são as mesmas que as indicadas anteriormente, ou seja: após a recolha da amostra o processo de inativação enzimático poderá não ter sido suficientemente efetivo o que permitiu no período decorrente até à execução da análise, a presença de uma atividade enzimática residual; ou poderá ser o resultado do uso de métodos distintos na avaliação deste parâmetro, o que, como consequência dos seus próprios erros associados, pode enfatizar a diferença entre os valores.

Ademais, para esta referência é notório que após a etapa de cozimento ainda é perceptível um teor de amido em torno dos 5,60 % (**tabela 14**), o que indica a presença de uma quantidade apreciável de substrato que pode ser convertido em glucose, caso as condições do meio sejam mantidas benéficas.

No entanto, este tipo de informação contraria a informação apresentada na **figura 22**, nos quais é visível uma estabilização na formação de glucose com o término da etapa de cozimento, por conseguinte,

é possível que este cenário esteja associado à influência da temperatura, uma das possibilidades indicadas anteriormente.

Por outro lado, apesar destes valores não corroborarem a diminuição da atividade enzimática, permitem elucidar o motivo pelo qual na **tabela 13** há um aumento na concentração de glucose, o que novamente valida a possibilidade de que quando mantidas as condições favoráveis do meio, eventualmente pode ocorrer a conversão de substrato remanescente em glucose, antes ou após a etapa de separação.

Por fim, é pertinente indicar que independentemente da referência monitorizada, a concentração de frutose, sacarose e lactose é sempre inferior a 2,00 g/Kg (**tabela 14**), sendo apenas visível a presença considerável da glucose e da maltose, sendo esta última igual ou superior a 3,30 g/Kg.

4.2.7 Teste do Aquecimento Ôhmico

No que diz respeito ao teste de aquecimento ôhmico não foi possível obter resultados concretos em relação à utilização desta técnica, uma vez que quando elaborados os primeiros testes verificou-se que a base concentrada, ao longo do processo, apresentava um comportamento diferente do observado, quando aplicado a tecnologia tradicional.

Efetivamente, durante a esterilização da base na autoclave a uma temperatura de 126 °C, por 10 minutos, era apurado que não havia a formação significativa de precipitado. No entanto, quando aplicada a tecnologia de aquecimento ôhmico, a base por volta dos 130 °C, demonstrava uma precipitação intensa da proteína, o que impede a aplicação do processo tecnológico.

No decorrer do estágio, não se demonstrou ser possível a elaboração de novos testes, devido à dificuldade de intercalar a disponibilidade de ambas as partes envolvidas nesta etapa, todavia foi possível revelar que juntamente com a precipitação da proteína ocorria a diminuição de pH, e que este cenário se sucedia próximo dos elétrodos presentes no equipamento.

Deste forma, mesmo não tendo sido possível proceder à coleta de dados, a informação obtida suscitou o interesse da elaboração de futuros testes, de forma a apurar os possíveis modos de controlar a precipitação de proteínas, por exemplo: a partir da adição de um sistema de mistura ao equipamento de aquecimento ôhmico; através do controle de pH, dificultando que ocorra a sua diminuição; ou outro tipo de metodologia que se possa mostrar pertinente.

5. Conclusão

O objetivo principal da corrente dissertação foi elaborar a caracterização dos processos unitários aplicados no desenvolvimento de produtos de base vegetal, juntamente com a sua possível otimização. Todavia, a segunda parte do objetivo, na qual se pretendia otimizar a linha de produção não foi possível atingir, sendo apenas identificadas neste trabalho as diferentes hipóteses que poderão ser elaboradas em futuros ensaios.

De facto, ao longo deste período foram acompanhadas um total de quatro referências diferentes, todavia, devido à dependência de terceiros, apenas foi elaborada a discussão em torno de três. Além do mais, esta dependência impossibilitou a recolha de dados suficientes para elaboração de testes estatísticos, que demonstrassem a existência de diferenças significativas entre valores, bem como minimizar os erros associados ao manuseamento, ou dos próprios equipamentos utilizados, que pudessem integrar os resultados obtidos.

No entanto, as diferenças verificadas permitiram demonstrar que as condições físicas do processo podem afetar de modo direto as propriedades físico-químicas da base a produzir, por exemplo: o tempo e a temperatura aplicados na etapa de mistura, demonstraram ter um efeito positivo na concentração de glucose, em todas as referências; o tipo de formulação aparenta afetar a viscosidade do tipo de base produzida; e a etapa de tratamento térmico parece demonstrar a capacidade de causar um aumento do teor de sólidos solúveis, da concentração de glucose e do teor de sólidos totais.

Por outro lado, as propriedades do próprio produto sugerem impactar o desempenho dos processos unitários, por exemplo: a viscosidade que aparenta estabelecer uma relação inversa com o rendimento da etapa de separação. De modo que, esta mesma relação é descrita em certos artigos, alguns dos quais mencionados ao longo deste documento.

Em suma, o objetivo principal desta dissertação foi parcialmente alcançado, revelando um conjunto de resultados relevantes e alargados, que demonstram que apesar das condições atuais serem suficientes para satisfazer os requisitos dos clientes, é possível alterar as condições do processo de modo a obter produtos com características ligeiramente diferentes, caso as necessidades se alterem.

Adicionalmente, este estudo suscitou possíveis relações entre as condições de produção e as características dos produtos, o que torna pertinente replicar este tipo de estudo de forma a: (i) testar as hipóteses e melhorias sugeridas, verificando se causariam um impacto positivo ou negativo; (ii) confirmar

se numa mesma referência existem diferenças significativas entre diferentes produções; (iii) estabelecer o foco em determinadas etapas obtendo a sua caracterização mais aprofundada, em vez de uma caracterização generalizada; e (iv) avaliar se outras características não exploradas nesta monografia seriam relevantes.

6. Anexos

6.1 Anexo 1

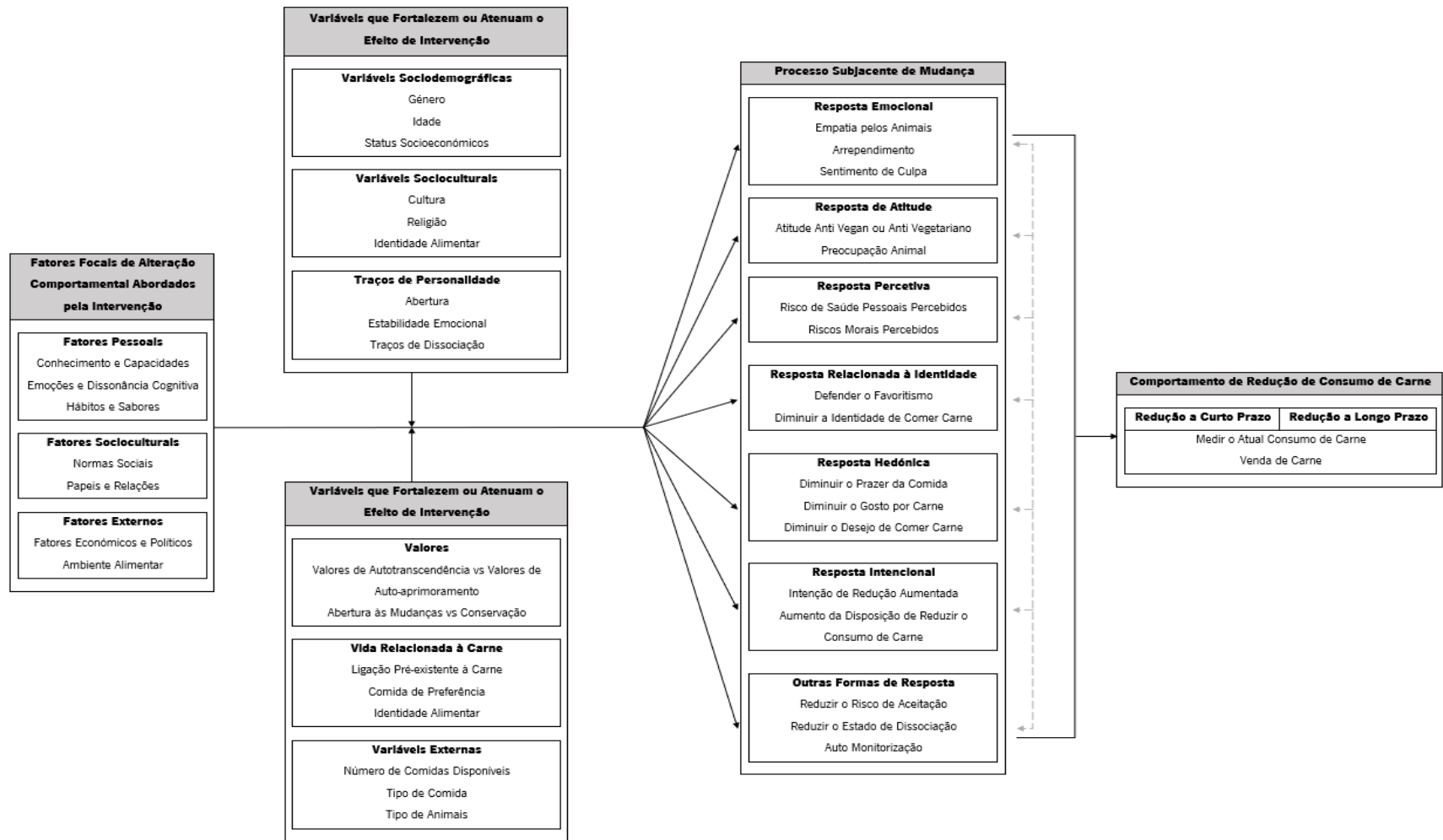


Figura 32 - Quadro de intervenção para redução do consumo de carne. Imagem adaptada do artigo publicado por Kwasny et al., 2022.

6.2 Anexo 2

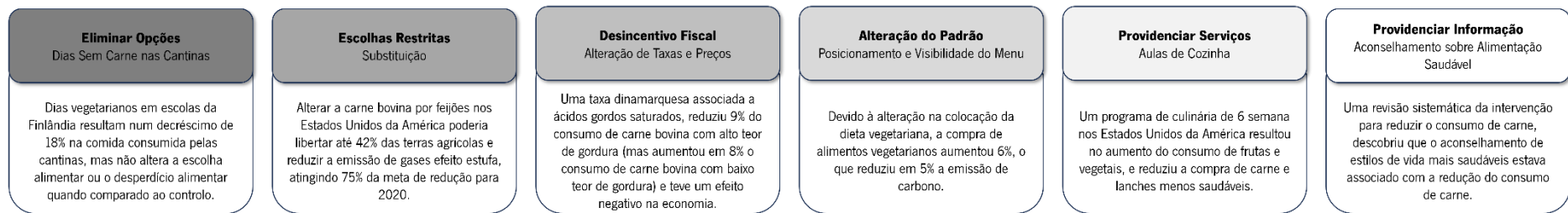


Figura 33 - Exemplos de diferentes tipo de intervenção para a redução do consumo de carne. Dado que, quanto mais escuro a tonalidade da cor, mais controversa é a ação, mas maior a possibilidade de causar efeito. Imagem adaptada do artigo publicado por Rust et al., 2020.

6.3 Anexo 3

Referência BEN 524

Mistura:

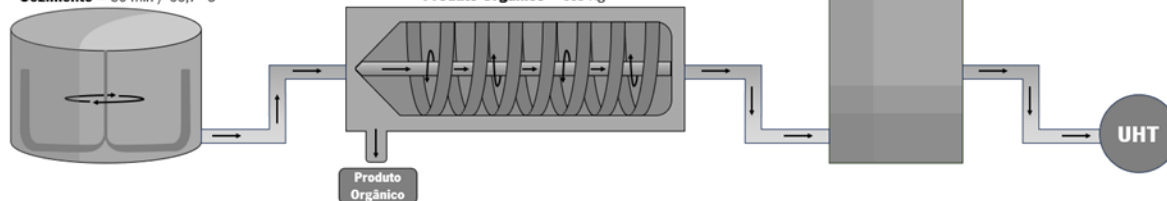
- Liquefação – 21 min / 86,8 °C
- Sacarificação – 21 min / 64,0 °C
- Cozimento – 30 min / 66,7 °C

Separação:

- Base Centrifugada – 2428 L
- Tempo – 57 min
- Produto Orgânico – 511 Kg

Armazenagem:

- Base Armazenada – 2053 L



Referência BEN 663

Mistura:

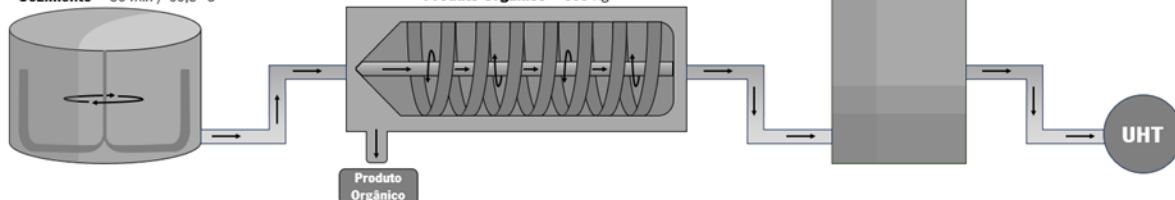
- Liquefação – 20 min / 85,8 °C
- Sacarificação – 20 min / 60,4 °C
- Cozimento – 30 min / 60,3 °C

Separação:

- Base Centrifugada – 2383 L
- Tempo – 57 min
- Produto Orgânico – 503 Kg

Armazenagem:

- Base Armazenada – 1985 L



Referência BEN 655

Mistura:

- Liquefação – 22 min / 81,7 °C
- Inativação – 5 min / 79,0 °C
- Sacarificação – 11 min / 57,6 °C
- Cozimento – 40 min / 56,6 °C

Separação:

- Base Centrifugada – 2135 L
- Tempo – 53 min
- Produto Orgânico – 454 Kg

Armazenagem:

- Base Armazenada – 1815 L

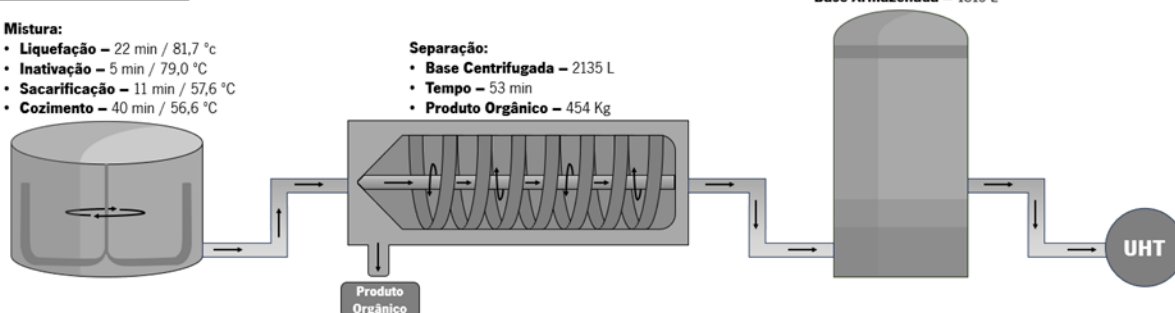


Figura 34 - Representação esquemática das condições físicas, às quais o produto de cada referência monitorizada é submetido, até a uma etapa de armazenamento intermédio.

6.4 Anexo 4

Tabela 15 - Ficha de registo utilizada para documentar cada um dos valores recolhidos, em cada uma das produções monitorizadas. No entanto, neste caso foi modificada de forma a exibir o valor médio de ambas as produções acompanhadas, para a referência BEN 785, que devido a dificuldades, tornou inexequível o acompanhamento da terceira produção e consequentemente inadequada a discussão destes valores.

Condições de Produção
Média de Ambas as Produções Acompanhadas

Início
Referência da Base a Produzir BEN 785
Capacidade do Equipamento 2 300 Litros
Volume de Base a Produzir 26 064 Quilogramas

Mistura
Tempo de Liquefação 15 minutos
Temperatura Média de Liquefação 82,2 °C
Tempo de Sacarificação 10 minutos
Temperatura Média de Sacarificação 57,3 °C
Tempo de Cozimento 30 minutos
Temperatura Média de Cozimento 56,4 °C

Separação
Volume Dirigido para o Decanter 2325 Litros

Tempo de Separação

56 minutos

Peso do Produto Orgânico

602 Quilogramas

Volume Armazenado

1 781 Litros

Caudal de Alimentação

2,3 m³/h

Velocidade do Motor

4 273 RPM

Velocidade Diferencial

1 600 RPM

Fim**Peso de Matéria-Prima Utilizada**

34 389 Quilogramas

Peso de Produto Embalado

24 460 Quilogramas

Rendimento Teórico do Processo

78,80 %

Análises Internas

Média de Ambas as Produções Acompanhadas

Mistura

Concentração da Glucose

Medida aos 5 / 15 / 25 / 30 minutos e registrando as respectivas temperaturas

19,76 gramas/Litro	25,13 gramas/Litro	27,64 gramas/Litro	38,62 gramas/Litro
54,8 °C	54,9 °C	54,6 °C	54,8 °C

Viscosidade

Medida a uma temperatura de 20 °C e a 30 RPM / 60 RPM / 100 RPM

766,7 cP	664,0 cP	407,6 cP
28,8 %	49,8 %	51,0 %

Teor de Sólidos Totais da Amostra

24,16 %

Separação

Teor de Sólidos Totais do Produto Orgânico

35,89 %

Teor de Sólidos Solúveis

18,6 %

Concentração da Glucose

55,00 gramas/Litro

Teor de Sólidos Totais da Amostra

19,26 %

Tratamento Térmico

Teor de Sólidos Solúveis

19,1 %

Concentração da Glucose

65,71 gramas/Litro

Teor de Sólidos Totais da Amostra

19,46 %

Análise Externa

Mistura

Humidade

76,2 %

Proteína Bruta

2,78 %

Matéria Gorda

0,600 %

Cinza Total

0,490 %

Fibra Alimentar

2,80 %

Hidratos de Carbono

17,1 %

Energia por 100g

90,90 Kcal

Concentração de Frutose

<2,00 g/Kg

Concentração de Glucose

55,7 g/Kg

Concentração de Sacarose

<2,00 g/Kg

Concentração de Maltose

36,1 g/Kg

Concentração de Lactose

<2,00 g/Kg

Açúcares Totais

91,80 g/Kg

Amido

0,50 %

7. Referências Bibliográficas

- Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M. D., e Pilar Vaquero, M. (2021). Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. *Foods*, 10(2), 293. <https://doi.org/10.3390/FOODS10020293>
- Anderson, D. R., e Aramouni, F. (2003). *Ohmic Heating as an Alternative Food Processing Technology*. [Tese de mestrado, Kansas State University]. Repositório Aberto de Kansas State University. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=841ed4340bd2fd72608af6abcac8ebdeec4f1e8b>
- Anton Paar. *Rotational Viscometry*. Anton Paar. <https://wiki.anton-paar.com/en/rotational-viscometry/>
- Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P., e Perez-Cueto, F. J. A. (2021). Plant-Based Food and Protein Trend from a Business Perspective: Markets, Consumers, and the Challenges and Opportunities in the Future. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18), 3119–3128. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1793730>
- Associação Vegetariana Portuguesa. (2020). *Mercado de Alimentação Vegetariana em Portugal Aumentou 514% nos Últimos Dez Anos*. <https://www.avp.org.pt/mercado-de-alimentacao-vegetariana-em-portugal-aumentou-514-nos-ultimos-dez-anos/>
- Bandarra, N., Calhau, M. A., Oliveira, L., Ramos, M., Dias, M. da G., Bártolo, H., Faria, M. R., Fonseca, M. C., Gonçalves, J., Batista, I., e Nunes, M. L. (2001). *Ácidos Gordos*. Instituto Português Do Mar e Atmosfera. <https://www.ipma.pt/resources.www/docs/publicacoes.site/pescado/site/introducao/acgordos.htm>
- Barbosa, M. A. (2016). *Oatvita. Quando a Aveia se Reinventa, Reinventa-se a Indústria Inteira*. Dinheiro Vivo. <https://www.dinheirovivo.pt/fazedores/oatvita-quando-a-aveia-se-reinventa-reinventa-se-a-industria-inteira-12676553.html>
- Barnard, N., Levin, S., e Yokoyama, Y. (2015). A Systematic Review and Meta-Analysis of Changes in Body Weight in Clinical Trials of Vegetarian Diets. *Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(6), 954–969. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2014.11.016>
- Boger, D. V. (1977). Demonstration of Upper and Lower Newtonian Fluid Behaviour in a Pseudoplastic Fluid. *Nature*, 265(5590), 126–128. <https://doi.org/10.1038/265126a0>

- Bottinelli, S. (2021). *Plant-Based Ingredients of the Past, the Present and the Future*. Food Matters Live. <https://foodmatterslive.com/article/plant-based-food-ingredients-of-the-past-the-present-and-the-future/>
- Boukid, F. (2020). Plant-Based Meat Analogues: from Niche to Mainstream. *European Food Research and Technology*, 247(2021), 297–308. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03630-9>
- Bratdmöller, C., e Scholl, S. (2015). Geometry and Viscosity Effects on Separation Efficiency in Distillation. *Chemical Engineering Research and Design*, 99, 75–86. <https://doi.org/10.1016/J.CHERD.2015.03.013>
- Buxton, A. (2023). *Plant-Based Trends: Are Predictions for 2023 and Beyond Still on Track?* Plant Based World Pulse. <https://plantbasedworldpulse.com/plant-based-trends-are-predictions-for-2023-and-beyond-still-on-track/>
- Camaschella, C. (2019). Iron deficiency. *Blood*, 133(1), 30–39. <https://doi.org/10.1182/BLOOD-2018-05-815944>
- Cambien, F., Warnet, J. M., Vernier, V., Ducimetière, P., Jacqueson, A., Flament, C., Orssaud, G., Richard, J. L., e Claude, J. R. (1988). An Epidemiologic Appraisal of the Associations Between the Fatty Acids Esterifying Serum Cholesterol and Some Cardiovascular Risk Factors in Middle-Aged Men. *American Journal of Epidemiology*, 127(1), 75–86. <https://doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.AJE.A114793>
- Carlsson-Kanyama, A., e González, A. D. (2009). Potential Contributions of Food Consumption Patterns to Climate Change. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(5), 1704S-1709S. <https://doi.org/10.3945/AJCN.2009.26736AA>
- Carvalho, A. M. De, Luiz, C., César, G., Fisberg, R. M., e Marchioni, D. M. L. (2012). Excessive Meat Consumption in Brazil: Diet Quality and Environmental Impacts. *Public Health Nutrition*, 16(10), 1893–1899. <https://doi.org/10.1017/S1368980012003916>
- Cereia, M., Terenzi, H. F., Jorge, J. A., Greene, L. J., Rosa, J. C., e Lourdes, M. De. (2000). Glucoamylase Activity from the Thermophilic Fungus *Scytalidium thermophilum*. Biochemical and Regulatory Properties. *Journal of Basic Microbiology*, 40(2), 83–92. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-4028\(200005\)40:2<83::AID-JOBM83>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4028(200005)40:2<83::AID-JOBM83>3.0.CO;2-6)

- Cetec. (2024). *Refratômetro Digital Automático ATAGO RX-5000i*.
<https://www.cetec.com.br/produto/refratometro-digital-automatgico-atago-rx-5000i>
- Chhabra, R. P. (2010). Non-Newtonian Fluids: An Introduction. *Rheology of Complex Fluids*, 3–34.
https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6494-6_1
- Christodoulou, C., e Cooper, C. (2003). What is Osteoporosis? *Postgraduate Medical Journal*, 79(929), 133–138. <https://doi.org/10.1136/PMJ.79.929.133>
- Clem, J., e Barthel, B. (2021). A Look at Plant-Based Diets. *Missouri Medicine*, 118(3), 233.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8210981/pdf/ms118_p0233.pdf
- Cullen, P., Bakalis, S., & Sullivan, C. (2017). Advances in control of food mixing operations. *Current Opinion in Food Science*, 17, 89–93. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2017.11.002>
- Cullen, P. J. (2009). *Food Mixing: Principles and Applications*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=2PgNcnjO3fIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=mixing+in+the+food+industry:+trends+and+challenges&ots=mC5a-9-A-H&sig=UinUe7ORv1W6lOGpeQQIZ6hnVkk&redir_esc=y#v=onepage&q=mixing%20in%20the%20food%20industry%3A%20trends%20and%20&f=false
- Declerck, N., Machius, M., Joyet, P., Wiegand, G., Huber, R., e Gaillardin, C. (2003). Hyperthermostabilization of *Bacillus licheniformis* α -Amylase and Modulation of its Stability Over a 50°C Temperature Range. *Protein Engineering, Design and Selection*, 16(4), 287–293.
<https://doi.org/10.1093/PROENG/GZG032>
- Dolphin Centrifuge. (2020). *Alfa Laval Centrifuge Selection Guide*. <https://dolphinscentrifuge.com/alfa-laval-centrifuge-selection-guide/>
- Drummond, L., Zheng, L., e Sun, D. W. (2014). Vacuum Cooling of Foods. *Emerging Technologies for Food Processing*, 477–494. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411479-1.00026-7>
- Duddridge, J. E., e Wainwright, M. (1982). Enzyme Activity and Kinetics in Substrate-Amended River Sediments. *Water Research*, 16(3), 329–334. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(82\)90193-2](https://doi.org/10.1016/0043-1354(82)90193-2)
- Espinosa-Marrón, A., Adams, K., Sinno, L., Cantu-Aldana, A., Tamez, M., Marrero, A., Bhupathiraju, S. N., e Mattei, J. (2022). Environmental Impact of Animal-Based Food Production and the Feasibility of a Shift Toward Sustainable Plant-Based Diets in the United States. *Frontiers in Sustainability*, 3, 841106. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.841106>

- Farooq, M. A., Ali, S., Hassan, A., Tahir, H. M., Mumtaz, S., e Mumtaz, S. (2021). Biosynthesis and Industrial Applications of α -amylase: a Review. *Archives of Microbiology*, 203(4), 1281–1292. <https://doi.org/10.1007/S00203-020-02128-Y/METRICS>
- Fehér, A., Gazdecki, M., Véha, M., Szakály, M., e Szakály, Z. (2020). A Comprehensive Review of the Benefits of and the Barriers to the Switch to a Plant-Based Diet. *Sustainability*, 12(10), 4136. <https://doi.org/10.3390/SU12104136>
- Food ingredients South America. (2022). *As Possibilidades dos Ingredientes Plant-Based para a Indústria*. Food Connection. <https://www.foodconnection.com.br/ingredientes/possibilidades-dos-ingredientes-plant-based-para-industria>
- FoodLab. (2024). *Fermentable Sugars Analysis in Wine and Must*. <https://www.cdrfoodlab.com/cdrwinelab/analyses/fermentable-sugars-wine>
- Franco, O. L., Rigden, D. J., Melo, F. R., e Grossi-de-Sá, M. F. (2002). Plant Alpha-Amylase Inhibitors and their Interaction with Insect Alpha-Amylases. *European Journal of Biochemistry*, 269(2), 397–412. <https://doi.org/10.1046/J.0014-2956.2001.02656.X>
- Frulact. (2023a). *Business Units*. <https://frulact.com/pt-pt/ingredientes/>
- Frulact. (2023b). *Integrated Managment System Policy*. <https://frulact.com/pt-pt/certificacoes/>
- Frulact. (2023c). *Milestones*. <https://frulact.com/pt-pt/frulact/a-nossa-historia/>
- Frulact. (2023d). *Plant-Based Ingredients*. <https://frulact.com/pt-pt/ingredientes/oatvita/>
- Frulact. (2023e). *Who We Are*. <https://frulact.com/frulact/who-we-are/>
- Fullbrook. (2015). *DV-II+Pro Viscometer*. Fullbrook Systems. https://cms.esi.info/Media/documents/Fullb_DV2_ML.pdf
- Galant, A. L., Kaufman, R. C., e Wilson, J. D. (2015). Glucose: Detection and Analysis. *Food Chemistry*, 188, 149–160. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.04.071>
- Gallant, D. J., Bouchet, B., Buléon, A., e Pérez, S. (1992). Physical Characteristics of Starch Granules and Susceptibility to Enzymatic Degradation. *European Journal of Clinical Nutrition, Suppl 2*, S3–S16.

- Gavahian, M., Tiwari, B. K., Chu, Y. H., Ting, Y., e Farahnaky, A. (2019). Food Texture as Affected by Ohmic Heating: Mechanisms Involved, Recent Findings, Benefits, and Limitations. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 328–339. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.02.022>
- Gibinski, M. (2008). Production of Oat Hydrolysates with a Low Degree of Starch Saccharification. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 58(3), 295–300.
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M., e Jebb, S. A. (2018). Meat Consumption, Health, and the Environment. *Environmental and Sustainability Indicators*, 361(6399), 9. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100172>
- González, N., Marquès, M., Nadal, M., e Domingo, J. L. (2020). Meat Consumption: Which are the Current Global Risks? A Review of Recent (2010–2020) Evidences. *Food Research International*, 137, 109341. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109341>
- González, R., Ballester, I., López-Posadas, R., Suárez, M. D., Zarzuelo, A., Martínez-Augustin, O., e Sánchez de Medina, F. (2011). Effects of Flavonoids and Other Polyphenols on Inflammation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(4), 331–362. <https://doi.org/10.1080/10408390903584094>
- Good, K. (2022). *Research Shows Shifting Plant-Based Shopper Spending Behaviors and Motivations Across Plant-Based and Animal-Based Food Categories*. Plant Based Foods Association. <https://www.plantbasedfoods.org/pbfi-kroger-plant-based-migration-analysis-report/>
- Goyal, R., e Jialal, I. (2018). Diabetes Mellitus Type 2. In *Exercise Management for Referred Medical Conditions* (pp. 223–252). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781315102399-12>
- Grant, J. D. (2017). Time for Change Benefits of a Plant-Based Diet. *Canadian Family Physician • Le Médecin de Famille Canadien*, 63(6), 744.
- Guionet, A., Fujiwara, T., Sato, H., Takahashi, K., Takaki, K., Matsui, M., Tanino, T., e Ohshima, T. (2021). Pulsed Electric Fields Act on Tryptophan to Inactivate α -amylase. *Journal of Electrostatics*, 112, 103597. <https://doi.org/10.1016/J.ELSTAT.2021.103597>
- Hargreaves, S. M., Rosenfeld, D. L., Moreira, A. V. B., e Zandonadi, R. P. (2023). Plant-Based and Vegetarian Diets: an Overview and Definition of These Dietary Patterns. *European Journal of Nutrition*, 62(3), 1109–1121. <https://doi.org/10.1007/S00394-023-03086-Z>

- Harguess, J. M., Crespo, N. C., e Hong, M. Y. (2020). Strategies to Reduce Meat Consumption: A Systematic Literature Review of Experimental Studies. *Appetite*, 144, 104478. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2019.104478>
- Hassoun, A., Boukid, F., Pasqualone, A., Bryant, C. J., García, G. G., Parra-López, C., Jagtap, S., Trollman, H., Cropotova, J., e Barba, F. J. (2022). Emerging Trends in the Agri-Food Sector: Digitalisation and Shift to Plant-Based Diets. *Current Research in Food Science*, 5, 2261–2269. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2022.11.010>
- Heiman, A., Gordon, B., e Zilberman, D. (2019). Food Beliefs and Food Supply Chains: The Impact of Religion and Religiosity in Israel. *Food Policy*, 83, 363–369. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2017.07.007>
- Henan Doing Mechanical Equipament Co., Ltd. (2018). *How to Make Rice Syrup?* http://www.syrupmachine.com/syrup_process_technology/how_to_make_rice_syrup_201.html
- Hever, J. (2016). Plant-Based Diets: A Physician's Guide. *The Permanente Journal*, 20(3), 15–82. <https://doi.org/10.7812/TPP/15-082>
- Hever, J., e Cronise, R. J. (2017). Plant-Based Nutrition for Healthcare Professionals: Implementing Diet as a Primary Modality in the Prevention and Treatment of Chronic Disease. *Journal of Geriatric Cardiology*, 14(5), 355–368. <https://doi.org/10.11909/j.issn.1671-5411.2017.05.012>
- Holst, J. J., Knop, F. K., Vilsbøll, T., Krarup, T., e Madsbad, S. (2011). Loss of Incretin Effect is a Specific, Important, and Early Characteristic of Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, 34(Suppl 2), S251–S257. <https://doi.org/10.2337/DC11-S227>
- Hunt, J. R. (2002). Moving Toward a Plant-based Diet: Are Iron and Zinc at Risk? *Nutrition Reviews*, 60(5), 127–134. <https://doi.org/10.1301/00296640260093788>
- Jaeger, H., Roth, A., Toepfl, S., Holzhauser, T., Engel, K. H., Knorr, D., Vogel, R. F., Bandick, N., Kulling, S., Heinz, V., e Steinberg, P. (2016). Opinion on the Use of Ohmic Heating for the Treatment of Foods. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 84–97. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.07.007>
- Jakób, A., Bryjak, J., Wójtowicz, H., Illeová, V., Annus, J., e Polakovič, M. (2010). Inactivation Kinetics of Food Enzymes During Ohmic Heating. *Food Chemistry*, 123(2), 369–376. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.04.047>

- Jaywant, S. A., Singh, H., e Arif, K. M. (2022). Sensors and Instruments for Brix Measurement: A Review. *Sensors*, 22(6), 2290. <https://doi.org/10.3390/S22062290>
- Juice Concentrate. (2023). *Oat Concentrate Manufacturer and Distributors*. <https://juiceconcentrate.com/oat-concentrate-manufacturer-and-distributors/>
- Kahleova, H., Tura, A., Hill, M., Holubkov, R., e Barnard, N. D. (2018). A Plant-Based Dietary Intervention Improves Beta-Cell Function and Insulin Resistance in Overweight Adults: A 16-Week Randomized Clinical Trial. *Nutrients*, 10(2), 189. <https://doi.org/10.3390/NU10020189>
- Kapoor, B., Kapoor, D., Gautam, S., Singh, R., e Bhardwaj, S. (2021). Dietary Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs): Uses and Potential Health Benefits. *Current Nutrition Reports*, 10(3), 232–242. <https://doi.org/10.1007/S13668-021-00363-3/METRICS>
- Karimi, V., Karami, E., e Keshavarz, M. (2018). Climate Change and Agriculture: Impacts and Adaptive Responses in Iran. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61794-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61794-5)
- Kumar, P., Kumar, J. P., Ramanathan, M., Ranganathan, T. V, e Scholar, R. (2017). *Ohmic Heating Technology in Food Processing a Review Ohmic Heating Technology in Food Processing-a Review*. <https://www.researchgate.net/publication/317786099>
- Kwasny, T., Dobernig, K., e Riefler, P. (2022). Towards Reduced Meat Consumption: A Systematic Literature Review of Intervention Effectiveness, 2001–2019. *Appetite*, 168, 105739. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2021.105739>
- Leitzmann, C. (2014). Vegetarian Nutrition: Past, Present, Future. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(SUPPL. 1), 496S-502S. <https://doi.org/10.3945/AJCN.113.071365>
- Libera, J., Hłowiecka, K., e Stasiak, D. (2021). Consumption of Processed Red Meat and Its Impact on Human Health: A Review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(12), 6115–6123. <https://doi.org/10.1111/IJFS.15270>
- Lucas, C. (2022). *Portugal Plant-Based Food Retail Market Insights*. Good Food Institute Europe. https://gfi europe.org/market-insights-on-european-plant-based-sales-2020-2022/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwxsm3BhDrARIsAMtVz6PLOKBrINUjLZCeKS-4NTOXUII3NFwag9_GPhXUumTL2aaphpxX6IEaAgYTEALw_wcB

- Lynch, H., Johnston, C., e Wharton, C. (2018). Plant-Based Diets: Considerations for Environmental Impact, Protein Quality, and Exercise Performance. *Nutrients*, 10(12), 1841. <https://doi.org/10.3390/NU10121841>
- Madigan, M., e Karhu, E. (2018). The Role of Plant-Based Nutrition in Cancer Prevention. *Journal of Unexplored Medical Data*, 3(11), 9. <https://doi.org/10.20517/2572-8180.2018.05>
- McManus, K. D. (2021). *What is a Plant-Based Diet and Why Should You Try It?* Harvard Health Publishing. <https://www.health.harvard.edu/blog/what-is-a-plant-based-diet-and-why-should-you-try-it-2018092614760>
- Mérieux NutriSciences. (2024a). *Acreditação e Reconhecimentos*. <https://www.merieuxnutrisciences.com/pt/acreditacao-e-reconhecimentos/>
- Mérieux NutriSciences. (2024b). *Silliker Portugal, S. A.* <https://www.merieuxnutrisciences.com/pt/quem-somos/>
- Mettler Toledo. (2024a). *Halogen Moisture Analyzer HE73 (230V)*. https://www.mt.com/br/pt/home/products/Laboratory_Weighing_Solutions/moisture-analyzer/HE73-230V.html
- Mettler Toledo. (2024b). *Medição Brix*. <https://www.mt.com/br/pt/home/perm-lp/product-organizations/ana/brix-meters.html>
- Mikkilä, L. (2022). *Oat in Fruit Juice Drink*. [Tese de mestrado, Turku University of Applied Sciences]. Repositório Aberto de Turku University of Applied Sciences. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/786987/Mikkila_Leena.pdf;jsessionid=961A7E34B19CFE3D853A25476824934E?sequence=2
- Millward, D. J. (1999). The Nutritional Value of Plant-Based Diets in Relation to Human Amino Acid and Protein requirements. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), 249–260. <https://doi.org/10.1017/S0029665199000348>
- Miranda, V. A. M., Queiroz, A. J. M., Figueirêdo, R. M. F., e Santos, D. C. (2011). Viscosidade Aparente de Polpas de Graviola Com Diferentes Concentrações. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13(4), 363–374. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/RBPA.V13N4P363-374>
- Mitchell, C. R., Mitchell, P. R., e Mitchell, W. A. (1988). Rice Syrup Sweetener Production (Patente estadouidense n° US11337444B2).

[https://patents.google.com/patent/US11337444B2/en?q=\(alpha+amylase+oat-based+syrup\)&oq=alpha+amylase+oat-based+syrup](https://patents.google.com/patent/US11337444B2/en?q=(alpha+amylase+oat-based+syrup)&oq=alpha+amylase+oat-based+syrup)

- Molina-Montes, E., Salamanca-Fernández, E., Garcia-Villanova, B., e Sánchez, M. J. (2020). The Impact of Plant-Based Dietary Patterns on Cancer-Related Outcomes: A Rapid Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 12(7), 2010. <https://doi.org/10.3390/nu12072010>
- Muleya, M., F. Bailey, E., e H. Bailey, E. (2024). A Comparison of the Bioaccessible Calcium Supplies of Various Plant-Based Products Relative to Bovine Milk. *Food Research International*, 175, 113795. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113795>
- Musicus, A. A., Wang, D. D., Janiszewski, M., Eshel, G., Blondin, S. A., Willett, W., e Stampfer, M. J. (2022). Health and Environmental Impacts of Plant-Rich Dietary Patterns: a US Prospective Cohort Study. *The Lancet Planetary Health*, 6(11), e892–e900. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00243-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00243-1)
- Nakanishi, H., Nagahiro, S. I., e Mitarai, N. (2012). Fluid Dynamics of Dilatant Fluids. *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 85(1), 011401. <https://doi.org/10.1103/PHYSREVE.85.011401/FIGURES/17/MEDIUM>
- Nemec, K. (2020). Cultural Awareness of Eating Patterns in the Health Care Setting. *Clinical Liver Disease*, 16(5), 4. <https://doi.org/10.1002/cld.1019>
- Newstead, D. F., Paterson, G., Anema, S. G., Coker, C. J., e Wewala, A. R. (2006). Plasmin Activity in Direct-Steam-Injection UHT-Processed Reconstituted Milk: Effects of Preheat Treatment. *International Dairy Journal*, 16(6), 573–579. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2005.11.011>
- Okia, C. A. (2012). Global Perspectives on Sustainable Forest Mangement. In *Sustainable Forest Management*. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/36125.pdf>
- Ostfeld, R. J. (2017). Definition of a Plant-Based Diet and Overview of this Special Issue. *Journal of Geriatric Cardiology*, 14(5), 315. <https://doi.org/10.11909/J.ISSN.1671-5411.2017.05.008>
- Pais, D. F., Marques, A. C., e Fuinhas, J. A. (2014). How to Promote Healthier and More Sustainable Food Choices: The Case of Portugal. *Nutrients*, 6(5), 1861–1873. <https://doi.org/10.3390/NU6051861>

- Pais, D. F., Marques, A. C., e Fuinhas, J. A. (2023). How to Promote Healthier and More Sustainable Food Choices: The Case of Portugal. *Sustainability*, 15(4), 3868. <https://doi.org/10.3390/su15043868>
- Patel, H., Chandra, S., Alexander, S., Soble, J., & Williams, K. A. (2017). Plant-Based Nutrition: An Essential Component of Cardiovascular Disease Prevention and Management. *Current Cardiology Reports*, 19(10), 104. <https://doi.org/10.1007/S11886-017-0909-Z>
- Pinto, C. (2015). *OATVITA: Ingrediente Funcional à Base de Aveia*. Compete 2020. <https://www.compete2020.gov.pt/detalhe/detalhe/5senseinfood>
- Plant Based Foods Institute, Kroger, e 85.51°. (2022). *Understanding Consumer Shifts from Animal-Based to Plant-Based Foods in the Retail Environment Plant-Based Foods Migration Analysis and Consumer Research Report*. <https://pbfstitute.org/wp-content/uploads/2022/11/Plant-Based-Migration-Analysis-Report-Final.pdf>
- Popova, A., Mihaylova, D., e Lante, A. (2023). Insights and Perspectives on Plant-Based Beverages. *Plants*, 12(19), 3345. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12193345>
- Qian, F., Liu, G., Hu, F. B., Bhupathiraju, S. N., e Sun, Q. (2019). Association Between Plant-Based Dietary Patterns and Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Internal Medicine*, 179(10), 1335–1344. <https://doi.org/10.1001/JAMAINTERNMED.2019.2195>
- Ramaswamy, H. S., Marcotte, M., Sastry, S., e Abdelrahim, K. (2012). *Ohmic Heating in Food Processing*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=CRLIAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=ohmic+heating&ots=wFruY6obtn&sig=qx_ZoYzXkRkDXLvqgPnpw8SFCg4&redir_esc=y#v=onepage&q=ohmic%20heating&f=false
- Richardson, P. (2001). *Thermal Technologies in Food Processing*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=N1WkAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA241&dq=ohmic+heating&ots=D99NyfV1u3&sig=vhpS70y3z16owK8HCK222mSUI4E&redir_esc=y#v=onepage&q=ohmic%20heating&f=false
- Ripps, H., e Shen, W. (2012). Review: Taurine: A “Very Essential” Amino Acid. *Molecular Vision*, 18(274–277), 2673. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3501277/pdf/mv-v18-2673.pdf>
- Ritchie, H. (2021). *If the World Adopted a Plant-Based Diet We Would Reduce Global Agricultural Land Use from 4 to 1 Billion Hectares*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/land-use-diets>

- Ritchie, H., Rosado, P., e Roser, M. (2023). *Meat and Dairy Production*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/meat-production>
- Roux, S., Courel, M., Birlouez-Aragon, I., Municino, F., Massa, M., e Pain, J. P. (2016). Comparative Thermal Impact of Two UHT Technologies, Continuous Ohmic Heating and Direct Steam Injection, on the Nutritional Properties of Liquid Infant Formula. *Journal of Food Engineering*, 179, 36–43. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2016.02.001>
- Rust, N. A., Ridding, L., Ward, C., Clark, B., Kehoe, L., Dora, M., Whittingham, M. J., McGowan, P., Chaudhary, A., Reynolds, C. J., Trivedy, C., e West, N. (2020). How to Transition to Reduced-Meat Diets that Benefit People and the Planet. *The Science of the Total Environment*, 718, 137208. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.137208>
- S Lacerda, A. L., Reis, E. L., e Borges, A. A. (2014). Uso do Refratômetro Óptico Portátil para Medição da Concentração de Soluções de Amido na Flotação Reversa de Minério de Ferro. *HOLOS*, 30, 7. <https://doi.org/10.15628/holos.2014.1765>
- Satija, A., e Hu, F. B. (2018). Plant-Based Diets and Cardiovascular Health. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 28(7), 437–441. <https://doi.org/10.1016/J.TCM.2018.02.004>
- Sauer, J., Sigurskjold, B. W., Christensen, U., Frandsen, T. P., Mirgorodskaya, E., Harrison, M., Roepstorff, P., e Svensson, B. (2000). Glucoamylase: Structure/Function Relationships, and Protein Engineering. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1543(2), 275–293. [https://doi.org/10.1016/S0167-4838\(00\)00232-6](https://doi.org/10.1016/S0167-4838(00)00232-6)
- Saunders, A. V., Davis, B. C., e Garg, M. L. (2012). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Vegetarian Diets. *Medical Journal of Australia*, 199(S2), 22–26. <https://doi.org/10.5694/mja11.11507>
- Schlink, A. C., Nguyen, M. L., e Viljoen, G. J. (2010). Water Requirements for Livestock Production: a Global Perspective. *Revue Scientifique et Technique*, 29(3), 603–619. <https://doi.org/10.20506/rst.29.3.1999>
- Science Learning Hub. (2010). *Non-Newtonian fluids*. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1502-non-newtonian-fluids>
- Serviço Nacional de Saúde. (2017). *Menu Vegetariano Obrigatório*. <https://www.sns.gov.pt/noticias/2017/04/17/menu-vegetariano-obrigatorio/>

- Shu, G., Zhang, B., Zhang, Q., Wan, H., e Li, H. (2016). Effect of Temperature, pH, Enzyme to Substrate Ratio, Substrate Concentration and Time on the Antioxidative Activity of Hydrolysates from Goat Milk Casein by Alcalase. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, 29(2). <https://doi.org/10.1515/aucft-2016-0013>
- Singh, M., Trivedi, N., Enamala, M. K., Kuppam, C., Parikh, P., Nikolova, M. P., e Chavali, M. (2021). Plant-Based Meat Analogue (PBMA) as a Sustainable Food: a Concise Review. *European Food Research and Technology*, 247(10), 2499–2526. <https://doi.org/10.1007/S00217-021-03810-1>
- Storz, M. A. (2021). What Makes a Plant-based Diet? A Review of Current Concepts and Proposal for a Standardized Plant-Based Dietary Intervention Checklist. *European Journal of Clinical Nutrition*, 76(6), 789–800. <https://doi.org/10.1038/s41430-021-01023-z>
- Szenderák, J., Fróna, D., e Rákos, M. (2022). Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Substitutes: A Narrative Review. *Foods*, 11(9), 1274. <https://doi.org/10.3390/foods11091274>
- Trevors, J. T. (1984). Effect of Substrate Concentration, Inorganic Nitrogen, O₂ Concentration, Temperature and pH on Dehydrogenase Activity in Soil. *Plant and Soil*, 77(2–3), 285–293. <https://doi.org/10.1007/BF02182931/METRICS>
- Unilever. (2023). *Plant-Based Foods*. <https://www.unilever.com/planet-and-society/positive-nutrition/plant-based-foods/>
- Ursachi, C. Ștefan, Perța-Crișan, S., e Munteanu, F. D. (2020). Strategies to Improve Meat Products' Quality. *Foods*, 9(12), 1883. <https://doi.org/10.3390/FOODS9121883>
- Usturoi, M.-D., Saracin, V.-C., e Vasile, A. (2015). The Importance of Taurine Meat in Human Alimentation. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 72(2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:11606>
- Walters, K., e Jones, W. M. (2003). Measurement of Viscosity. In *Instrumentation Reference Book* (Vol. 3, pp. 45–52). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-075067123-1/50006-5>
- Warren, F. J., Zhang, B., Waltzer, G., Gidley, M. J., e Dhital, S. (2015). The Interplay of α -Amylase and Amyloglucosidase Activities on the Digestion of Starch in In Vitro Enzymic Systems. *Carbohydrate Polymers*, 117, 192–200. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2014.09.043>

- Whalen, P. J., e Elk, R. (2001). *Process for Preparing an Oat-Based Functional Syrup*. (Patente estadunidense nº US6685974B2). <https://patents.google.com/patent/US6685974B2/en>
- Zhu, Z., Geng, Y., e Sun, D. W. (2019). Effects of Operation Processes and Conditions on Enhancing Performances of Vacuum Cooling of Foods: a Review. *Trends in Food Science & Technology*, 85, 67–77. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.12.011>