



CATOLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

CONTROLO DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E ESTUDOS
DE INTEGRAÇÃO DE NOVOS FORMATOS

por
Bruna Rita Sousa Mendes

Setembro 2018



CATOLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

QUALITY CONTROL IN THE BAKING INDUSTRY AND INTEGRATION STUDIES
OF NEW FORMATS

by
Bruna Rita Sousa Mendes

September 2018



CATOLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

CONTROLO DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E ESTUDOS DE INTEGRAÇÃO
DE NOVOS FORMATOS

Tese apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa para
obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Alimentar

por
Bruna Rita Sousa Mendes

Local: Nutporbreads, Unipessoal

Orientação: Eng^a Helena Rangel
Doutora Marta Vasconcelos

Setembro, 2018



CATOLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

QUALITY CONTROL IN THE BAKING INDUSTRY AND INTEGRATION STUDIES
OF NEW FORMATS

Thesis presented to *Escola Superior de Biotecnologia* of the *Universidade Católica Portuguesa* to fulfill
the requirements of Master of Science degree in Food Engineering

by
Bruna Rita Sousa Mendes

Place: Nutporbreads, Unipessoal

Supervision: Eng^a Helena Rangel
Doutora Marta Vasconcelos

September, 2018

Resumo

O termo qualidade alimentar é definido legalmente como o "conjunto de propriedades e características de um produto alimentar ou alimento relativas a matérias-primas ou ingredientes utilizados na sua elaboração, natureza, composição, pureza, identificação, origem e rastreabilidade, assim como os processos de elaboração, armazenamento, embalagem e comercialização utilizados na apresentação do produto final, especialmente no rotulado".

A qualidade, contudo, é um termo um tanto subjetivo, pois está diretamente relacionado com a percepção individual do consumidor. Contudo os atributos qualitativos do produto são baseados não só nas preferências do consumidor como também na sua composição, processo de produção, controlo de possíveis reações de deterioração, embalagem utilizada e tempo de vida.

Existem metodologias standard para analisar e avaliar as características objetivas da qualidade alimentar garantindo uma produção de qualidade e ajudando a encontrar e solucionar possíveis problemas qualitativos do produto final.

Para controlar a qualidade alimentar dos produtos de panificação é necessário avaliar os fatores responsáveis pela deterioração do produto e procurar formas de minimizar o seu aparecimento. Para tal são analisadas com frequência as características físico-químicas do produto como forma de controlo destes fenómenos. São ainda utilizados aditivos que funcionam como coadjuvantes na minimização do *stalling* e na eliminação do crescimento microbiano.

Na Nutporbreads o controlo de qualidade das matérias-primas, do processo de fabrico e do produto final é realizado diariamente de forma a garantir uma produção de qualidade. Contudo é de salientar a necessidade de realizar o estudo apresentado, que consiste num acompanhamento prolongado do processo de fabrico e da qualidade do produto final, de forma a avaliar o impacto das variações do processo de fabrico nas características físico-químicas.

O estudo realizado para além de pretender estudar a adaptação de novos formatos às linhas de produção, tem ainda o objetivo de avaliar e compreender a forma como as variações do processo se refletem na qualidade físico-química do produto, sendo que os resultados podem ajudar na rentabilização do processo e no combate dos fenómenos de deterioração, uma vez que os mesmos estão diretamente relacionados com as características físico-químicas.

Os resultados obtidos após a realização do estudo demonstram que algumas condições processuais devem ser alteradas, por exemplo uma diminuição do tempo de permanência do pão no forno garantiria uma melhor qualidade do produto assim como uma maior rentabilidade, pois os tempos do pão no forno estão um pouco afastados dos valores apresentados como ótimos na bibliografia.

Dentre as características físico-químicas a única que se distancia dos valores limite estabelecidos pela empresa é a dureza, característica relacionada com o *stalling* do pão, sendo assim necessário intervir ao nível da formulação e ao nível processual de forma a diminuir este fator de deterioração.

É ainda aconselhável a realização do estudo processual para todos os formatos de pão de forma para obter resultados mais conclusivos e adaptados a todos os formatos.

Abstract

The term food quality is legally defined as the "set of properties and characteristics of a food or food product relating to raw materials or ingredients used in its preparation, nature, composition, purity, identification, origin and traceability, as well as the processes of elaboration, storage, packaging and marketing used in the presentation of the final product, especially in the labeled.

Quality, however, is a subjective term, since it is directly related to individual consumer perception. However, the qualitative attributes of the product are based not only on consumer preferences but also on composition, production process, control of possible deterioration reactions, used packaging and life time.

There are standard methodologies to analyze and evaluate the objective characteristics of food quality, guaranteeing a quality production, and helping to find and solve possible qualitative problems of the final product.

To control the food quality of bakery products it is necessary to evaluate the factors responsible for the deterioration of the product and to look for ways to minimize its appearance. To that end, the physicochemical characteristics of the product are often analyzed as a means of controlling these phenomena. Additives that serve as coadjuvants in minimizing stalling and eliminating microbial growth.

At Nutporbreads the quality control of the raw materials, manufacturing process and final product is carried out on a daily basis to ensure quality production. However, it was necessary to carry out the study presented, which consists of a long follow-up of the manufacturing process and the quality of the final product, in order to evaluate the impact of the variations of the manufacturing process on the physico-chemical characteristics.

The study carried out in addition to intending to study the adaptation of new formats to production lines, has the objective of evaluating and understanding how variations in the process of variation are reflected in the physico-chemical quality of the product, and the results can help in the profitability of the process and in the fight against the deterioration phenomena since they are directly related to the physical-chemical characteristics.

The results obtained after the study demonstrate that some procedural conditions should be adjusted, for example a decrease in the bread stay time in the oven would guarantee a better quality of the product as well as a greater profitability, since the bread times in the oven are one slightly above the values presented as excellent in the bibliography.

Among the physical-chemical characteristics, the only one that distances from the limit values established by the company is hardness, a characteristic related to the stalling of bread, so it is necessary to intervene at the level of the formulation and at the procedural level in order to reduce this factor of deterioration.

It is also advisable to carry out the procedural study for all bread formats in order to obtain conclusive results and adapted to all formats.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Doutora Marta Vasconcelos, por todo o apoio e disponibilidade, que foram determinantes na elaboração desta Tese.

Agradeço à engenheira Helena Rangel e ao engenheiro Nuno Nogueira, por todo o apoio e orientação prestados no decorrer do estágio e pela oportunidade de integração numa empresa de prestígio, tendo esta experiência sido um enorme contributo para o enriquecimento da minha formação académica.

Expresso ainda o meu profundo agradecimento a todos os colegas de trabalho do Departamento de Qualidade, Departamento de Produção e Departamento de I&D, que me ajudaram neste projeto e me receberam da melhor forma na equipa.

Por último, um agradecimento especial aos meus pais, irmão e namorado, que me ajudaram a cumprir os meus objetivos e a realizar mais esta etapa da minha vida.

Índice

Resumo	5
Abstract.....	6
Agradecimentos.....	7
Índice	8
Lista de Figuras	9
Lista de Tabelas	10
1-Introdução	11
1.2- Processo de fabrico.....	11
1.3- Formulação	12
1.4- Aditivos	15
1.5- Qualidade	16
2-Objetivos do trabalho	19
CAPÍTULO 1: A EMPRESA E SEU MODO DE FUNCIONAMENTO	20
3- Descrição da Empresa	20
3.1- Processo de fabrico	21
3.2- Controlo de qualidade	27
3.2.1- Controlo de qualidade matérias-primas embaladas e a granel	27
3.2.2- Alveograma	28
3.2.3- pH.....	29
3.2.4- Densidade	29
3.2.5- Reofermentograma	30
3.2.6- Índice de acidez	32
3.2.7- Águas de consumo e águas residuais	32
3.2.9- Inspeção de material de embalagem	33
3.3- Controlo de qualidade do produto acabado	33
3.3.1- Análises físico-químicas.....	34
3.3.1.1- Textura	34
3.3.1.2- Humidade relativa e atividade da água (aw).....	35
3.3.1.3- Inspeção de bolores visíveis	36
3.3.1.4 Análises microbiológicas	37
3.3.2- Controlo de processos	38
CAPÍTULO 2: UNIFORMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS DE CONTROLO PARA O FABRICO DE PÃES DAS VÁRIAS GAMAS	39
4. Materiais e métodos	39
5. Resultados das análises físico-químicas	40
6. Conclusões	54

Lista de Figuras

Figura 1- Evolução dos logótipos da empresa

Figura 2- Fluxograma do processo de fabrico

Figura 3 - Descrição das etapas do processo de fabrico

Figura 4- Exemplo de resultado do alveograma. (P): tenacidade; (L): extensibilidade; (W): energia necessária para deformar 1 grama de massa

Figura 5 - Exemplo de resultado para desenvolvimento da massa durante ensaio no rheo. Hm: desenvolvimento máximo alcançado pela massa, relacionado com o volume do pão. T1: Tempo para atingir máximo desenvolvimento. T2-T'2: Tempo de estabilidade relativa no ponto de máximo desenvolvimento

Figura 6- Exemplo de resultado para a produção de gás durante ensaio no rheo. H'm: altura máxima da curva. T1: tempo necessário para alcançar H'm. Tx: tempo de aparecimento de porosidade na massa, ou seja, tempo em que a massa começa a emitir CO₂. (A2): Volume total de CO₂ perdido: volume total de dióxido de carbono em ml que a massa permitiu escapar durante a prova. (A1): Volume de retenção: volume de dióxido de carbono em ml. ainda retido dentro da massa no final do teste.

Figura 7- Exemplo de resultado de análise textural do pão. P1: Dureza; A2 / A1: Resiliência; B1 / A1: Coesão

Figura 8- Gráfico atividade da água versus taxa de deterioração alimentar. (<http://bakerpedia.com/processes/water-activity/>)

Figura 9- Perfil de temperatura/humidade na câmara de fermentação de pão com côdea

Figura 10- Perfil temperatura recolhido no forno para formato grande

Figura 11- Perfil de temperatura recolhido no forno pra formato pequeno

Figura 12- Exemplo do tipo de dados recolhidos durante o registo do perfil de temperatura do pão de formato pequeno

Figura 13- Exemplo do tipo de dados recolhidos durante o registo do perfil de temperatura do pão grande

Figura 14- Perfil de temperatura/humidade na câmara de arrefecimento pão com côdea

Figura 15- Evolução da dureza ao longo do tempo de vida

Figura 16- Evolução da humidade relativa ao longo do tempo de vida

Figura 17- Evolução da atividade da água ao longo do tempo de vida

Lista de Tabelas

Tabela 1- Análises efetuadas a matérias-primas a granel

Tabela 2- Valores Guia de critérios microbiológicos aplicáveis aos produtos de panificação, baseado em informação da entidade INSA de acordo com o regulamento 2073/2005

Tabela 3- Características a controlar nas diferentes etapas de fabrico

Tabela 4- Correlação entre as características físico-químicas do pão s/côdea branco

Tabela 5- Correlação entre as características físico-químicas do pão s/côdea integral

Tabela 6- Correlação entre as características físico-químicas do pão c/côdea branco

Tabela 7- Correlação entre as características físico-químicas do pão c/côdea integral

1- Introdução

A história da panificação pensa-se ter começado há 8000 anos, segundo evidências históricas encontradas, contudo é provável que o pão sem levedura tenha começado a ser consumido mais cedo, sendo que este alimento andava de mãos dadas com o cultivo e com as colheitas.

Atualmente o pão é um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo, pois a sua natureza complexa fornece energia, proteínas, minerais e muitos outros macro e micronutrientes (Decock & Cappelle 2005; Dewettinck et al. 2008; Lewandowski et al. 2015).

1.2- Processo de fabrico

A definição do termo “Pão” é usada para descrever uma grande variedade de produtos com diferentes formas, tamanhos, texturas, crosta, cores, qualidades alimentares e sabores. Segundo a Portaria nº 52/2015, «Pão», é o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, estremes ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nomeadamente enzimas, nas condições legalmente fixadas. O pão é produto da fermentação e cozimento de uma mistura.

A fermentação é uma etapa crucial, e uma das fases mais influenciáveis do processo, pois pequenas alterações nas características das matérias-primas podem ter consequências significativas no desenvolvimento da massa ao longo do processo fermentativo. Durante a fermentação a massa deverá expandir como resultado da ação da levedura, a levedura mais utilizada na indústria da panificação é a *Saccharomyces cerevisiae*, e esta é responsável pela libertação de dióxido de carbono e etanol como produtos da degradação dos açúcares hidrolisados. A levedura é ainda responsável por dar aroma e sabor ao produto da panificação. O dióxido de carbono produzido como resultado da ação desta, primeiramente dissolvido na fase líquida e depois preenchendo as células criadas na fase de mistura, desempenha um papel crucial na formação da estrutura do miolo, uma vez que a estabilidade e o crescimento das bolhas de gás formadas irão determinar o volume final do pão assim como a textura do produto após o processo de cozedura (Ali et al. 2012; Verdú et al. 2015; Lewandowski et al. 2015).

A cozedura é a fase em que a massa é transformada em miolo e crosta, por ação do calor. As mudanças mais aparentes durante esta fase são a expansão de volume, a formação de crosta, a inativação da levedura e da atividade enzimática, a coagulação de proteínas, a gelatinização parcial do amido e a perda de humidade (Patel et al. 2005). O processo de cozimento deve ser controlado de forma cuidada pois, existem parâmetros durante esta fase que influenciam de forma vital a qualidade final do produto, para além do referido anteriormente esta etapa processual é uma das fases mais dispendiosas do processo tornando necessário efetuar estudos sobre a sua otimização com objetivo de rentabilizar o processo de fabrico sem afetar a qualidade do produto final (Lewandowski et al. 2015).

A quantidade e a taxa de calor aplicadas, a percentagem de humidade e o tempo são os parâmetros mais importantes a ser controlados, é essencial conhecer a interação entre o produto e os parâmetros

referidos, para obter um produto de qualidade e reduzir o gasto energético.

Um processo típico de cozedura inicia com a entrada dos moldes no forno a uma temperatura de 20-30°C, sendo que o forno normalmente está programado para uma temperatura constante de 150-300°C, o tempo necessário para a cozedura é de 5-25 minutos. Sendo que este processo ocorre à pressão atmosférica e a água evapora livremente, é de notar a necessidade de ajustar o tempo de cozedura ao produto para o mesmo não ficar demasiado seco. A temperatura interna da massa deverá atingir os 100°C, e o centro do produto deverá atingir temperaturas de 90-97°C. É de salientar que quanto maior for a massa mais tempo será necessário para o calor atingir o centro do pão (Therdthai et al. 2002; Purlis & Salvadori 2009).

Durante o cozimento são duas as principais mudanças estruturais. A transformação de uma massa semifluida numa massa predominantemente sólida, sendo esta uma mudança estrutural diretamente relacionada com as propriedades reológicas que sofrem alterações no processo de cozedura, e o segundo fenómeno é a expansão da massa até esta atingir a estrutura fixa, ou seja, a estrutura de molde (Decock & Cappelle 2005).

Para que as mudanças estruturais sejam possíveis é necessário que ocorra a perda de humidade por parte dos produtos de panificação. Normalmente este fenómeno ocorre por evaporação durante a cozedura, alguma da água evapora através da crosta, sendo que a água que não é evaporada fica condensada no centro da massa. Como consequência são formados os gradientes de humidade no pão, assim como é determinada a atividade da água e a percentagem de humidade (Sablani *et al.* 1998).

O desenvolvimento de qualidades características do pão como a coloração e o sabor, também são fenómenos que ocorrem durante esta etapa. A cor é um dos aspetos que mais influencia o consumidor na hora da compra, esta coloração da crosta deve-se às reações de escurecimento não enzimáticas, incluindo reações de Maillard (açúcar-amina) e caramelização essenciais para satisfazer os parâmetros de qualidade exigidos pelo consumidor (Shehzad *et al.* 2010).

1.3- Formulação

O pão tradicional tem como ingrediente base a farinha de trigo, esta após ser hidratada forma uma estrutura viscoelástica tridimensional com retenção de gás. As propriedades reológicas das massas de farinha de trigo, são amplamente governadas pela contribuição do amido, proteínas e água. A adição de gordura também é fundamental assim como a adição de sal para ajudar a amaciar a textura e apoiar o desenvolvimento da rede de glúten (Goesaert *et al.* 2005; Torbica *et al.* 2010).

Durante o processo de fabrico do pão ocorrem inúmeras transformações físicas, químicas e bioquímicas complexas, que afetam e são afetadas pelos vários constituintes da farinha.

O amido é o maior constituinte da farinha e possui propriedades únicas, que determinam a sua funcionalidade em diversas aplicações alimentares em particular na indústria da panificação. Os principais constituintes do amido são a glucose, polímeros de amilose e amilopectina (Van Der Borght *et al.* 2005). O amido apresenta-se no seu estado nativo na preparação da massa, como grão semi-cristalino. Durante a preparação da massa este absorve cerca de 46% de água, e durante a fase de

cozedura graças à combinação dos parâmetros calor, humidade e tempo de cozedura os grãos de amido gelatinizam e incham, mantendo, contudo, a sua textura granular (Stanley P. Cauvain and Linda S. Young 1995).

O processo de gelatinização é atualmente definido como um processo não equilibrado que depende do alto consumo de energia e que leva ao colapso da membrana da estrutura semi-cristalina nativa, em grânulos de amido. A presença e o conteúdo de água têm um papel plastificante e definem a forma como este processo ocorre.

Durante o processo de arrefecimento ocorre a retrogradação do amido sendo este o termo utilizado para descrever a reorganização de componentes macromoleculares do amido desordenados aquando da sua gelatinização. Devido à sua rápida retrogradação a amilose é um elemento estrutural essencial e um fator determinante na firmeza (Li et al. 2004; Jekle *et al.* 2016; Matignon & Tecante 2017).

As proteínas de trigo podem ser distinguidas em dois grupos principais: as proteínas-não glúten e as proteínas de glúten, que representam a maioria. Entre as proteínas de glúten, podemos distinguir dois grupos funcionais: as gliadinas e as gluteninas. As gliadinas representam um grande grupo polimórfico de proteínas de glúten monoméricas, enquanto as gluteninas são uma mistura heterogénea de polímeros, e são constituídas por subunidades de gluteninas ligadas por dissulfureto.

Existem dois fatores que determinam a qualidade das proteínas de glúten no processo de fabrico do pão. O primeiro fator é o rácio gliadinas/gluteninas, dentro da rede viscoelástica do glúten as gliadinas e as gluteninas tem papéis diferentes, as gluteninas formam uma rede contínua que confere força e elasticidade à massa. Por outro lado, as gliadinas monoméricas atuam como plastificantes da rede de gluteínas conferindo plasticidade e viscosidade à massa. Para uma melhor qualidade do produto final é necessário um balanço apropriado entre a viscosidade e a elasticidade (Veraverbeke *et al.* 2002; Khatkar *et al.* 2002). O segundo fator é a qualidade da fração de glutenina (extraível/não-extraível), diferenças na composição da glutenina podem resultar em diferenças nas interações não-covalentes que determinam a elasticidade da glutenina. Assim sendo, as proteínas da farinha de trigo são determinantes no processo de fabrico do pão, especialmente as proteínas de glúten.

Durante as diferentes fases de fabrico estas passam por diversas alterações. Durante a fase de mistura a farinha de trigo é hidratada, e como resultado da energia mecânica aplicada as proteínas de glúten são transformadas numa rede viscoelástica contínua e coesiva. Este processo é acompanhado pelo aumento dramático da extração das proteínas de glúten.

Na fase fermentativa a rede de proteínas de glúten desempenha um papel essencial na retenção de dióxido de carbono produzido durante a fermentação e as fases iniciais do cozimento.

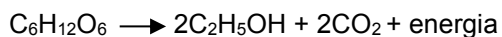
Durante a cozedura ocorrem mudanças significativas nas proteínas de glúten, sendo provavelmente a combinação de alterações na hidrofobicidade da superfície das proteínas, intercâmbio de sulfidril/dissulfureto e formação de novas ligações cruzadas de dissulfureto a causa. Como resultado destas alterações, e em conjunto com as alterações do amido, a típica estrutura de espuma do pão é formada (Goesaert *et al.* 2005; Salvador *et al.* 2006).

A água é também um dos principais ingredientes como referido anteriormente e a sua utilização é imprescindível no fabrico de pão. Para além de dissolver e hidratar os ingredientes na mistura tem ainda um papel importante na manutenção da temperatura e na viscosidade da massa. Sem a presença desta era impossível a formação da rede de glúten, que confere a resistência à miga e retém o gás necessário à sua formação.

Na fase fermentativa é a água que permite o desenvolvimento de um ambiente propício à ativação da levedura, possibilitando a formação do gás posteriormente incorporado na rede de glúten. Na fase de cozedura a presença da mesma permite que o fenómeno de gelatinização do amido se realize, sendo essencial para a formação das características distintas do pão (Roudaut *et al.* 1998; Wang *et al.* 2004).

A levedura é uma matéria-prima crucial pois é responsável pela produção de CO₂, em conjunto com a capacidade de retenção de gás da massa, são as características responsáveis pela determinação do volume da miga, estrutura da cãea e textura do pão.

O volume total de CO₂ produzido durante a fermentação da massa é um indicador direto da atividade da levedura. A habilidade da mesma de produzir CO₂ depende da tensão, viabilidade, atividade e quantidade de açúcar fermentativo disponível. Numa fase inicial a levedura consome o oxigénio presente na massa, e quando o mesmo acaba produz CO₂ e etanol como resultado da fermentação aeróbica. Confirmando assim a importância da levedura na qualidade do produto final (Gao *et al.* 2017).



O sal é outro dos ingredientes essenciais no fabrico de pão. As funções do sal no processo de fabrico incluem a estabilização da levedura, o reforço da massa, a intensificação do sabor e o aumento da tolerância da massa à mistura.

A função de intensificador de sabor é uma característica bem conhecida do sal, a sua função no fabrico do pão não é salgar o produto, mas sim fazer sobressair o sabor dos outros constituintes do pão.

Na etapa fermentativa o sal estabiliza a função fermentativa da levedura, impedindo que a levedura fermente em demasia, pois se tal acontecer as células gasosas acabam por rebentar e a textura da miga fica pobre.

Como referido anteriormente o sal prolonga a resistência da massa à mistura e ajuda na fortificação da rede de glúten, contudo o mesmo em indústrias de panificação só é adicionado à mistura após a massa estar suficientemente hidratada, para que desta forma o tempo de mistura não seja demasiado longo, representando um maior custo energético para a empresa (Miller & Hosenev 2008).

Os lípidos polares utilizados na panificação são utilizados pela sua capacidade de formar monocamadas lipídicas na interface gás / líquido aumentando a retenção de gás da massa, estes podem ainda contribuir positivamente na fase de mistura. Na formulação do pão a quantidade de lípidos adicionados não é muito elevada, pois uma quantidade excessiva pode induzir um efeito contrário ao pretendido, a sua adição deve ser feita na proporção correta para ser coadjuvante na formação de um produto de qualidade.

O impacto da adição de lípidos nas propriedades da massa e do pão não podem ser subestimados. Na

mistura da massa os lípidos melhoram o seu manuseamento e aumentam a tolerância da massa à mistura. Por sua vez ao nível do pão, melhoram a estrutura do miolo e prolongam a validade preservando as qualidades do produto (Pareyt *et al.* 2011).

O açúcar utilizado na panificação não é um ingrediente essencial para a produção do pão, mas é um ingrediente necessário. Uma das características mais apreciadas visualmente pelo consumidor é a coloração acastanhada característica do pão, esta coloração é adquirida graças às reações Maillard e à caramelização, sendo estas as reações químicas mais importantes que acontecem na etapa da cozedura. As reações Maillard ocorrem entre o grupo amina livre da lisina e/ou outro aminoácido e o grupo carbonilo de açúcares redutores como a glicose e a maltose, esta reação leva à formação de compostos responsáveis pela coloração e pelas características sensoriais do pão. A caramelização é uma reação coadjuvante na preservação, sendo que absorve a humidade. O açúcar acelera ainda a produção de CO₂ por parte da levedura. E de notar que o açúcar não pode ser adicionado em excesso, pois destabiliza a rede de glúten pela sua necessidade de absorver água (Capuano *et al.* 2008; Trinh *et al.* 2015).

Como se pode perceber pelas descrições acima, a qualidade das matérias-primas e a sua dosagem determina a qualidade do processo de fabrico (Van Der Borght *et al.* 2005; Gerits *et al.* 2014).

1.4- Aditivos

Algumas matérias-primas como as referidas anteriormente são comuns a todos os processos de panificação, no entanto são utilizadas outras que não sendo necessárias para a elaboração do produto final são fundamentais para melhorar a sua qualidade. Os aditivos pertencem ao grupo de matérias primas fundamentais, utilizadas com o objetivo de melhorar a qualidade do produto final e a maquinabilidade da massa.

Os aditivos utilizados com maior frequência na panificação são: antioxidantes, enzimas, emulsionantes e conservantes.

O uso destes aditivos na indústria alimentar está discriminado pela UE no regulamento nº 1129/2011 da comissão de 11 de novembro de 2011, estabelecendo limites, condições de uso e segurança do uso dos mesmos em cada grupo de alimentos.

Os conservantes químicos são utilizados na indústria da panificação com a finalidade de prolongar o tempo de vida do produto, protegendo os mesmos da deterioração causada por bolores. Os conservantes inibem as vias metabólicas responsáveis pela sobrevivência dos microrganismos, atacando as membranas celulares ou reagindo com os grupos funcionais. Os conservantes mais utilizados na panificação são o ácido sorbico e o propionato de cálcio que atuam contra a propagação de bolores.

As enzimas e os emulsionantes são usados como agentes anti-*stalling*. São utilizadas diferentes enzimas para diferentes objetivos. Existem enzimas que retardam a retrogradação do amido, proporciona além da maciez, excelente resiliência do miolo e uma sensação única de frescor. Outras enzimas aumentam a tolerância da massa às variações de farinha e do processo, e melhoraram o volume dos pães.

Os emulsionantes reforçam a rede de glúten através de uma forte interação entre gliadina e glutenina, permitindo variações de processo e farinha, mantendo a qualidade do produto final.

Estes aditivos possuem diferentes mecanismos de ação, que influenciam as propriedades do produto de diferentes formas, e podem ser adicionadas individualmente ou em misturas complexas, onde irão atuar de forma sinérgica para obtenção de produtos melhorados (Ravi et al. 2000; Kohajdová et al. 2009; Jornal Oficial da União Europeia 2011; Society et al. 2018).

1.5- Qualidade

A formulação e o processamento são os principais responsáveis pela determinação da qualidade do pão, contudo o processo de avaliar a qualidade do pão é mais subjetivo do que o esperado devido às dificuldades de atribuir medidas objetivas a determinados parâmetros. O exemplo mais óbvio dos problemas de avaliação são os dados relacionados com características como o sabor, devido às diversas preferências dos consumidores. No entanto, os padeiros, os técnicos de processos e os cientistas, combinam diariamente os seus conhecimentos de forma a avaliar os efeitos de novos ingredientes e métodos de processamento, para relacionar a qualidade do pão com os requisitos do consumidor ou para reduzir a variabilidade do produto e limitar defeitos de qualidade. É necessário ter critérios objetivos e, nos casos em que isso não é possível, é preciso padronizar dentro do possível os métodos que usamos para as avaliações subjetivas (Stanley P. Cauvain and Linda S. Young 1995).

Contudo existem características que o consumidor associa automaticamente à qualidade, nomeadamente a textura do pão, que é tida como um indicador de frescura. Esta relação direta direcionou a atenção das empresas para a importância da característica textural na determinação da aceitabilidade do pão. Os índices de qualidade devem assim ser seguidos como uma função do tempo experimentalmente e devem ser efetuadas análises específicas ao comportamento do produto ao longo do tempo de vida antes de este ser estipulado. Uma previsão precisa do prazo de validade é essencial tanto para o consumidor como para a empresa (Galić *et al.* 2009; Giménez *et al.* 2012; Hough & Garitta 2012).

O Institute of Food Science and Technology (IFST, 1993) define prazo de validade como “o período de tempo em que o produto permanece fresco, mantem as propriedades sensoriais, mantem as características químicas, físicas e microbiológicas e corresponde por completo à declaração nutricional do rótulo aquando condicionado nas condições recomendadas”. Esta definição identifica os fatores chave a ser considerados na avaliação do prazo de validade. O prazo de validade é uma função do tempo, dos fatores ambientais e da suscetibilidade do produto a mudanças de qualidade.

Para determinar o prazo de validade é necessário conhecer e compreender os fatores de degradação ou envelhecimento do pão, como o crescimento microbiano e a perda de humidade que causam dureza e ranço oxidativo. O *stalling* apesar de não ser o fator mais importante na determinação do prazo de validade é o principal fator de degradação do pão, durante este processo o amido hidratado retorna à sua fase cristalina, alterando as características qualitativas do pão (Goesaert *et al.* 2005).

Estando a textura relacionada diretamente com o *stalling* uma avaliação da mesma e das suas alterações ao longo do tempo pode ajudar a retardar este processo de envelhecimento do pão. Sendo

assim, é possível avaliar os atributos da qualidade textural por análises sensoriais, ou por análises instrumentais. A combinação do tempo despendido com o elevado custo da análise sensorial, motivou o desenvolvimento generalizado de testes mecânicos (Scanlon & Zghal 2001; Gámbaro *et al.* 2002).

O Texture profile analysis (TPA) tem sido um dos métodos mais utilizados pela indústria alimentar na avaliação das características da textura dos alimentos. A análise TPA estabelece uma relação entre a medição objetiva e a sensação subjetiva, tornado as características da textura do alimento mais previsíveis. Esta análise é baseada em curvas que monitorizam e registam as características espaciais ou temporais da amostra durante a medição da textura (Chen & Opara 2013). O perfil do teste de TPA pode avaliar uma vasta gama de propriedades texturais dos alimentos nomeadamente, a dureza (força máxima para comprimir a amostra), elasticidade (a capacidade da amostra recuperar a sua forma original após remoção da força de deformação), coesividade (medida em que a amostra pode ser deformada antes da rutura), adesividade (área total negativa entre o primeiro e segundo pico), gomosidade (força necessária para desintegrar uma amostra semissólida) e mastigabilidade (trabalho necessário para mastigar uma amostra sólida) (Fig.7). Os parâmetros do teste são calculados a partir da curva de compressão versus o tempo, usando um software (Gámbaro *et al.* 2002; Chen & Opara 2013). A recolha destes dados é fundamental para uma comparação entre a variação da dureza ao longo do tempo e o aumento do *stalling*.

De forma a compreender melhor teoricamente o processo de *stalling* podemos dividir o mesmo em duas categorias: o *stalling* da crosta e o *stalling* da miga. O primeiro é gerado pela transferência de humidade da miga para a crosta, deixando-a com uma textura húmida e demasiado macia, contudo o *stalling* da crosta é aceite de melhor forma pelo consumidor que o *stalling* da miga. O *stalling* da miga é o mais complexo, e também o menos entendido, sendo que a firmeza do pão depende da sua miga, esta deixa de ter uma textura arejada e macia, sendo substituída por uma textura demasiado seca (Scanlon & Zghal 2001; Gámbaro *et al.* 2002; Chen & Opara 2013).

Apesar da importância da redução do *stalling* durante o DDV do produto, é a atividade microbiológica que determina o prazo de validade do produto. Apesar de na indústria da panificação a cozedura eliminar a maioria dos microrganismos é essencial que exista um controlo restrito para que não haja qualquer tipo de contaminação desde a cozedura até ao embalamento, sendo a maior preocupação o aparecimento de bolores antes do término da data de validade (Gray & Bemiller 2003; Galić *et al.* 2009).

A humidade relativa do pão e a atividade da água são as duas características físico-químicas que estão diretamente relacionadas com a atividade microbiológica nos produtos de panificação, sendo assim essencial o seu controlo regular ao longo do DDV do produto.

O teor de humidade relativa influencia diversas características do alimento, tais como a textura, peso, sabor e prazo de validade. Quando o teor de humidade aumenta, devido à absorção de água da atmosfera ou pela transferência de massa por compostos vizinhos, resulta numa textura macia e mole, ou seja, o pão perde a sua textura crocante característica. Uma vez que a textura crocante do pão está associada a uma textura agradável, fresca e qualidade, o aumento da humidade pode levar à rejeição do consumidor (Roudaut *et al.* 1998; Van Nieuwenhuijzen *et al.* 2008; Primo-Martín *et al.* 2010). O mais

pequeno desvio do padrão definido para o parâmetro em questão pode afetar de forma negativa as propriedades físicas do alimento. A taxa de crescimento microbiano está diretamente relacionada com a humidade, sendo que esta aumenta com a quantidade de água disponível no produto, logo o controlo regular deste parâmetro evita problemas futuros de qualidade (Primo-Martín *et al.* 2010). No entanto a água é um ingrediente bastante acessível, e estabelecer um limite analítico ótimo resulta numa maior rentabilidade do processo de fabrico, para isso é necessário estabelecer um equilíbrio entre a humidade e os sólidos totais para garantir não só a qualidade do produto final como a sua segurança e rentabilidade (Roudaut *et al.* 1998).

A atividade da água é o critério mais utilizado para verificar a segurança e a qualidade de um alimento, é uma medida que nos dá informação sobre a atividade microbiológica num alimento, e a sua estabilidade durante o armazenamento. É de extrema importância a manutenção deste parâmetro dentro dos limites estabelecido para produtos de panificação (Slade *et al.* 1991; Decagon 2006; Sablani *et al.* 2007).

O controlo de qualidade é assim essencial na indústria durante todas as etapas do fabrico do produto de panificação. Segundo a NP ISSO 9000:2015 “Uma organização focada na qualidade promove uma cultura que se traduz em comportamentos, atitudes, atividades e processos que proporcionam valor ao satisfazer as necessidades e as expectativas dos clientes e de outras partes interessadas relevantes” (Instituto Português da Qualidade 2015). Este sistema garante o desenvolvimento e comercialização de produtos de acordo com os requisitos do consumidor, do cliente e da legislação.

Existem assim metodologias standardizadas na implantação e certificação do controlo de qualidade que passam desde a implementação de leis e regulamentos até a auditorias internas e externas (Edith & Ochubiojo 2012). Desde da gestão documental até ao controlo de processos são diversas as funções do sistema de qualidade na indústria alimentar. Para o produto acabado ter todas as características esperadas é necessário que o controlo de qualidade intervenha desde a avaliação da qualidade das matérias-primas passando pelo processo de fabrico e por fim no produto final.

A inovação é essencial em qualquer indústria, pois esta é o motor do crescimento e desenvolvimento e não pode deixar de ser referida. Cada vez mais o mercado da alimentação tem de acompanhar as tendências de consumo e a demanda do consumidor, este espera uma variedade de pães adaptada a todas as suas necessidades. Portanto é necessário às empresas do ramo da panificação produzirem várias gamas de pão, desde os pães que promovem a saúde até aos pães sem alergénicos.

A empresa tem recebido alguns relatos de consumidores insatisfeitos com a textura mole e húmida do pão, desta forma a empresa esta a proceder á recolha de dados para solucionar o problema, não apenas dados recolhidos por análises do produto final, mas também dados sobre todo o processo de fabrico, que posteriormente serão analisados para encontrar a fonte do problema e eliminá-la.

2- Objetivos do trabalho

O trabalho desenvolvido na empresa dividiu-se em dois objetivos principais.

Objetivo 1: Aprendizagem aprofundada sobre a empresa, descrevendo a sua evolução e conhecendo as metodologias utilizadas para o controlo de qualidade de matérias-primas e produto acabado, bem como conhecimento das técnicas utilizadas em laboratório e conhecimento do processo de fabrico.

Objetivo 2: Uniformização do processo de produção e estabelecimento de parâmetros de controlo para o fabrico de pães das várias gamas.

CAPÍTULO 1: A EMPRESA E SEU MODO DE FUNCIONAMENTO

3- Descrição da Empresa

A PANRICO®- Produtos Alimentares, Lda. é uma empresa de origem espanhola, fundada em 1962 pelas famílias Rivera e Costafreda, e que está presente em Portugal desde 1985. Hoje, dispõe de uma fábrica em Portugal em Gulpilhares.

Inicialmente, o conceito da marca passava pela produção de produtos na área da pastelaria, como os Donuts, Bollycao e a pastelaria fresca como o caso dos travesseiros. Em 1989, lançaram o pão de forma, sendo a Panrico a primeira marca de pão embalado a surgir no mercado português. Sempre com o objetivo de inovação, em 1991 é introduzido no mercado o pão de forma integral, e em 2002 o pão de forma sem cêdea que se revelou ser um produto de grande aceitação pelo mercado português.

Para além de presente em Espanha e Portugal, a Panrico expande-se ainda no mercado asiático, com a abertura de uma fábrica na China, e outra na Grécia, em 1997 e 2000 respetivamente, sendo mais tarde vendidas de modo a concentrar a produção na península ibérica (PANRICO®donuts®, 2013) (Superbrands, 2005).

Em junho de 2015, o grupo Bimbo compra as marcas de pastelaria, como a marca Donuts e Bollycao e padaria doce. Recentemente, em 2016, o Grupo Adam Foods, detentor de várias marcas conhecidas no mercado português, como é o caso da Cuétara, adquire ao grupo Bimbo as marcas de pão Panrico, incluindo a unidade fabril de Gulpilhares, localizada em Vila Nova de Gaia, passando a mesma a integrar a empresa Nutpor Breads (Ribeiro, 2016).

Atualmente, esta unidade, integra todas as funções operacionais do processo produtivo, desde controlo de matérias-primas, produção e ensaios, embalagem, expedição e assistência pós-venda, e dispõe de duas linhas de produção:

- A linha I - produção de pão de forma sem cêdea;
- A linha II - produção de pão de forma com cêdea.

A história da Panrico é, desde sempre, uma história de inovação, quer pela permanente evolução e desenvolvimento de novos produtos quer pela procura de conceitos que permitam tirar partido de novos momentos de consumo e conquistar novos objetivos.



Figura 5- Evolução dos logótipos da empresa

3.1- Processo de fabrico

Tal como referido na introdução, o processo de produção na panificação consiste em três etapas fundamentais, a mistura, a fermentação e o cozimento. A qualidade dos produtos de panificação depende da sua formulação e das condições de processamento, e de notar que todos os processos de fabrico são únicos, pois são adaptados segundo o equipamento, as condições de processamento e a formulação. Apesar da importância da formulação na indústria da panificação, a procura pela otimização e pelas condições ideais de processamento é uma constante e um dos fatores mais importantes para a obtenção de um produto de qualidade.

Na Figura 2 está representado o fluxograma de fabrico, da linha de “pão com côdea” e da linha de “pão sem côdea”, e na Figura 3 encontra-se a descrição de cada etapa do processo de fabrico.

Analisando o fluxograma de fabrico, são de salientar os dois PCC'S (pontos críticos de controlo) representados. O primeiro PCC é a fase de cozedura do pão, neste ponto é necessário monitorizar constantemente as temperaturas, de forma a garantir que não se verifique crescimentos microbianos durante todo o DDV do produto. O segundo PCC referido é o detetor de metais, uma vez que esta é a última verificação feita ao produto em relação à presença de perigos físicos. É de notar que seria preferível a colocação do detetor de metais após o embalamento do pão, contudo não é possível devido ao atilho metálico utilizado para fechar as embalagens.

Na discriminação detalhada do processo (Figura 3) podemos analisar cada etapa de fabrico pormenorizadamente, sendo necessário dar ênfase aos parâmetros mais importantes a controlar em cada etapa, é de entender como uma pequena variação nos mesmos pode produzir diversas alterações na qualidade do produto final.

Descrevendo o processo de panificação sabemos que o mesmo inicia com o desenvolvimento da massa, resultante da hidratação dos componentes da farinha e das mudanças estruturais induzidas pela ação mecânica, a massa deve ser misturada durante um período de tempo ideal e a uma temperatura ótima para se desenvolver completamente. Um tempo de mistura insuficiente pode resultar em pequenas porções de massa não misturadas que interferem com o desenvolvimento da massa nas etapas posteriores, por outro lado uma batida em demasia, pode passar de lisa e elástica para pegajosa, resultado da diminuição de consistência pelo enfraquecimento da rede de proteínas.

A temperatura ótima é na gama dos 21°C-27°C, no entanto esta poderá subir devido à ação mecânica, o que resulta num sobreaquecimento indesejável e numa possível fermentação precoce, para evitar esta situação recorre-se à utilização de água refrigerada ou gelo.

A formação da estrutura viscoelástica tridimensional com retenção de gás característica da massa, tem origem nas ações simultâneas de distribuição do material, deformação uni e biaxiais, rompimento de proteínas e hidratação dos componentes da farinha, para além do referido anteriormente é ainda necessário o alongamento e alinhamento das proteínas.

A massa do pão deve exibir um comportamento reológico intermedio entre um líquido viscoso e um

sólido elástico, deve ser extensível e elástica o suficiente para expandir e reter os gases liberados.

O sucesso das etapas posteriores à mistura depende da distribuição homogênea dos constituintes da farinha, da associação intermolecular entre as proteínas do glúten e a retenção de ar. A mistura é assim considerada um passo fundamental no processo de fabricação de pão (Shehzad *et al.* 2010; Lewandowski *et al.* 2015; Shimiya & Nakamura 1997).

Após a etapa de mistura a massa é cortada em pequenas porções de peso variável, de acordo com o produto final pretendido. De seguida é submetida a duas fases de moldagem, sendo estas separadas por um pequeno período de repouso da massa.

A primeira fase de formação consiste na transformação das pequenas porções de massa numa bola, a segunda fase consiste na moldagem completa (alongando a massa, e posteriormente enrolando-a em forma de cilindro). Os cilindros de massa são transferidos para moldes, e são colocados numa câmara de fermentação, em condições de humidade e temperatura controladas.

Após a fase de fermentação os moldes são direcionados para o forno onde se inicia a fase de cozedura. Durante o processo de cozimento o transporte de água e calor para o produto ocorre através de convecção natural e forçada através de radiação, condução pelo molde, evaporação e condensação. Dependendo das características do produto e do tipo de forno, a contribuição relativa dos vários mecanismos de transferência de calor pode ser ajustada para obter a qualidade desejada no produto final. Devido ao alto consumo de energia do processo de cozimento, é importante recolher dados de forma a otimizar as condições operacionais do forno sendo estes necessários para reduzir o consumo de energia e melhorar a qualidade do produto (Sablani *et al.* 1998; Therdthai *et al.* 2002; Therdthai & Zhou 2003; Lambert *et al.* 2009).

Após o processo de cozedura, e antes do embalamento o pão deve passar pela câmara de arrefecimento. Dentro desta o pão estará em contacto com ar a uma temperatura muito inferior à que o pão se encontra, de forma a promover a condensação. O processo de condensação deve ser controlado, pois uma condensação excessiva pode levar ao aparecimento de estrias ou manchas na crosta. A saturação do ar dentro da câmara de arrefecimento deve ser evitada, para tal deve ser minimizada a diferença de temperatura entre o ar de entrada e o ar de saída da câmara. Sendo que quando o ar atinge a saturação deve sair da câmara de arrefecimento.

O arrefecimento deve ser realizado em paralelo e não sobreposto. O primeiro método é muito mais eficiente uma vez que existe uma separação entre o pão que entra na câmara de arrefecimento e o pão já arrefecido. O método de sobreposição torna o arrefecimento menos eficiente, e a saturação do ar ocorre rapidamente, pois o pão que sai do forno estará em contacto com o pão já arrefecido. O tempo de arrefecimento deve ser proporcional ao fluxo do ar, quando maior for o fluxo do ar, mais rápido se dá a transferência de calor. Após o processo de arrefecimento o pão é embalado e armazenado. O pão deve ser embalado numa embalagem de qualidade para manter as características do pão intactas durante todo o seu tempo de vida, o embalamento em material de plástico funciona como uma barreira para a migração da água durante a vida do produto. A sua integridade também deve ser verificada aquando do embalamento, pois não deverá estar perfurada nem danificada. Durante o armazenamento

é essencial um reforço da verificação do embalamento, e a verificação da existência de atividade microbiana no produto (Barber *et al.* 1992).

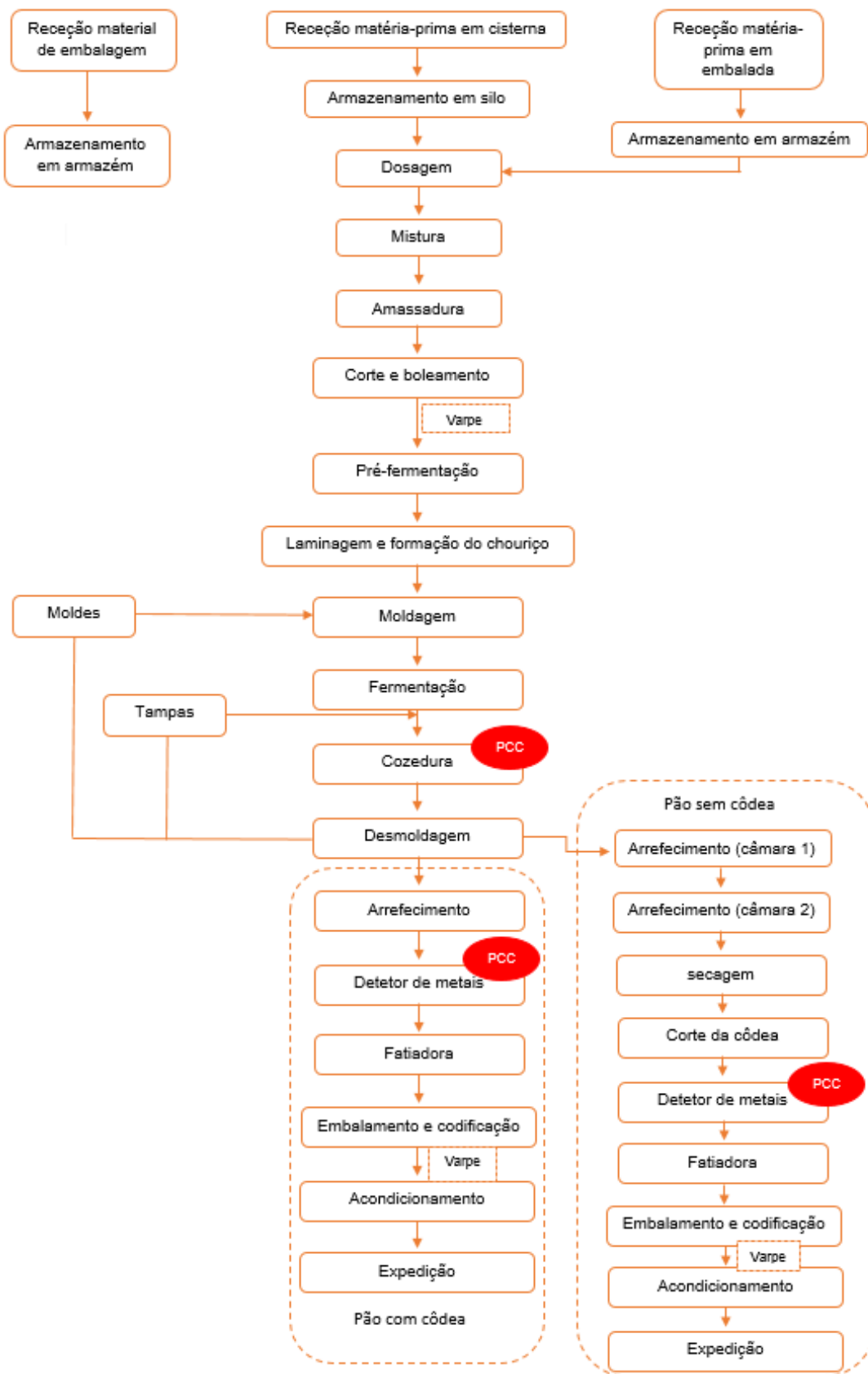


Figura 6- Fluxograma do processo de fabrico

Recepção e armazenamento das matérias-primas e material de embalagem	1 a 6	Recolha de amostras, com inspeção visual e análises de qualidade, verificando se se encontram dentro das especificações estabelecidas e definidas pela empresa.
Dosagem	7	Pesagem dos ingredientes embalados, na sala de pesagens da unidade fabril. Transporte (em condições de preservação de humidade e de contacto com o exterior) para a plataforma VMI, onde são misturados com os ingredientes de silo, estes chegam a VMI através de um sistema de tubagem com caudalímetros e válvulas.
Misturar e amassar	8 e 9	Realizada em amassadoras, através de força mecânica, possibilitando a hidratação da farinha e a incorporação de ar que permite o desenvolvimento da massa. O controlo do binómio tempo/temperatura é essencial, para obtenção de uma massa bem desenvolvida (aparência seca e sedosa, com capacidade de esticar até um fino filme sem quebrar).
Corte e boleamento	10	Depósito da massa na cortadora, corte em pedaços com o peso pretendido, passando por uma boleadora, que as transforma em bolas. As massas com peso acima ou abaixo do especificado são rejeitadas por uma balança eletrónica de precisão (vale), e podem voltar ao processo sendo repostas na cuba de amassadura (retalho).
Pré-fermentação	11	Relaxamento da massa à temperatura ambiente. As porções de massa boleadas entram, na câmara de pré-fermentação, por um transportador automático e quando saem devem estar bem hidratadas (aproximadamente 8 minutos).
Laminagem e formação de chouriço	12	As porções de massa, ao longo do transportador, são espalmadas por laminadoras, de forma a retirar o gás da massa e a torná-la o mais fina possível. Quando chega às formadoras a massa é enrolada num sistema de gulas formando cilindros com o nome de chourißos. Quanto mais espalmada for a massa, mais enrolado será o chouriço e consequentemente, mais homogéneo e fino será o alveolado da miga.
Moldagem	13	Através de um sistema automático, os chourißos caem nas cavidades dos moldes com o formato final pretendido.

Fermentação	14	Esta etapa dura cerca de 80 minutos e é controlada através do ajuste da temperatura e humidade relativa dentro da câmara de fermentação. A temperatura ajuda à multiplicação da levedura e a humidade relativa vai compensar a secagem da superfície do produto, sendo um fator importante para obter um produto com uma espessura de crosta adequada. A massa deverá crescer neste processo e adquirir a forma do molde.
Cozedura	15	Antes de seguirem para o forno são colocadas as tampas de forma automática. O forno é aquecido por queimadores conectados e divididos por diferentes zonas com temperaturas distintas. O tempo de cozedura varia conforme o tipo de pão.
Desmoldagem	16	À saída do forno os pães são desmoldados através de um sistema de sucção automática, elevando os pães do molde e colocando-os no tapete que segue para a câmara de arrefecimento. Após serem desenformados é realizada a leitura da temperatura no centro do produto bem como uma apreciação visual.
Arrefecimento	17	Os pães entram na câmara de arrefecimento onde permanecem durante algum tempo (aproximadamente 2 horas) a uma temperatura e humidade controlada. Este arrefecimento é feito pelo ar em convecção forçada. Este processo é fundamental para a conservação do produto e para que ocorra eficazmente é necessário que o arrefecimento seja homogéneo e a circulação de ar uniforme entre o produto. Na linha do pão sem còdea este passa por duas câmaras de arrefecimento
Detetor de metais	18	Rejeição de pães que apresentam uma condutividade superior ao parâmetro estabelecido. Na linha de pão sem còdea este processo só ocorre após a secagem e corte da còdea.
Secagem e corte da còdea	23 e 24	Operações restritas à linha do pão sem còdea. Ocorrem em ambiente esterilizado (sala branca). A secagem consiste na passagem do pão por uma circulação de ar quente (forno de secado) que o prepara para a eliminação total da còdea.
Corte em fatias	19	O pão é fatiado consoante o número de fatias especificado.
Embalagem e codificação	20	A máquina de embalagem através de ar abre a bolsa e com uma pá leva o pão para dentro da mesma. Segue-se a colocação do atilho e a codificação, que identifica o lote e a data de validade do produto. O produto passa por uma balança eletrónica de precisão (varpe), que rejeita aqueles que estão abaixo do peso especificado.
Acondicionamento e expedição	21 e 22	Os pães são colocados em cestas, onde seguem para o armazém d logística. No armazém da logística são distribuídos e expedidos conforme as necessidades

Figura 7 - Descrição das etapas do processo de fabrico

3.2- Controle de qualidade

É no laboratório da empresa que se procede ao controle de qualidade das matérias-primas e do produto acabado. São realizadas análises físico-químicas com o objetivo de verificar se os parâmetros acordados entre o fornecedor e a empresa são cumpridos, garantindo a boa prática de fabricação de acordo com as normas que vigoram. As condições higiênico-sanitárias das matérias-primas são garantidas pelo fornecedor, sendo que estas têm de se encontrar livres de parasitas, de organismos patogênicos, de toxinas e de quaisquer outras impurezas ou corpos estranhos. Estas também não podem conter quantidades toxicológicas perigosas derivadas de micotoxinas e pesticidas. As análises do produto final são realizadas para avaliar as características físico-químicas, organolépticas e microbiológicas, para assim averiguar se todas se encontram dentro da especificação. O produto acabado é ainda armazenado de forma a analisar a evolução dessas características ao longo do prazo de validade, garantindo um controle de qualidade contínuo. Se for verificada alguma anomalia antes do prazo de validade procedesse à rastreabilidade do produto. Os requisitos do sistema de gestão da qualidade são especificados pela norma IFS, pela qual a empresa é certificada.

3.2.1- Controle de qualidade matérias-primas embaladas e a granel

As matérias-primas embaladas recebidas são sujeitas a uma inspeção a quando da descarga de forma a verificar as suas características de acondicionamento e as suas propriedades organolépticas.

Posteriormente à descarga são recolhidas amostras das mesmas para se proceder a análises laboratoriais, sendo que para além das análises efetuadas no laboratório da empresa também são enviadas a mostras para laboratório externo credenciado. As análises e os respetivos resultados são recebidos antes das matérias-primas serem utilizadas na produção. No caso das matérias-primas recebidas a granel, são recolhidas amostras antes da descarga, essas amostras são analisadas em laboratório e são descarregadas posteriormente se estiverem conformes (Tabela 1).

Tabela 1- Análises efetuadas a matérias-primas a granel

Matéria-prima recebida em cisterna	Documentos de acompanhamento	Análises efetuadas	
		Antes da descarga	Após a descarga
Farinha	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Humidade relativa (%) Temperatura (°C) Alveograma Caraterísticas organoléticas	
Óleo vegetal/ Girassol	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Índice de peróxidos Índice de acidez Caraterísticas organoléticas	
Levedura líquida	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Temperatura (°C) pH Densidade (g/cm ³) Humidade relativa e matéria seca (%)	Reofermentograma

3.2.2- Alveograma

A realização do alveograma é de extremamente importância, uma vez que os resultados da sua análise permitem assegurar a qualidade dos processos de produção e a qualidade do produto final. O ensaio alveografico permite fazer uma representação do que acontece numa situação de produção, e com os resultados da análise podemos verificar quais os parâmetros que estão ou não dentro de especificação e detetar se posteriormente irá existir alguma anomalia no processo de fabrico.

Este ensaio é realizado em quatro etapas, desde a preparação da massa até á rutura da massa insuflada, o último passo representa a etapa de fermentação em situação de produção, em que a massa é submetida a um aumento do dióxido de carbono, sendo que avaliando o seu comportamento em pequena escala conseguimos determinar o seu comportamento numa situação de produção.

Os parâmetros analisados no ensaio alveografico são: o (W) que representa a energia necessária para deformar 1 grama de massa até á sua rutura, o (P) que representa a tenacidade, pressão máxima necessária á deformação da massa, que corresponde á resistência á deformação, o (L) que representa a extensibilidade ou seja a elasticidade da massa, e o (P/L) que representa a relação de equilíbrio entre a tenacidade e a extensibilidade.

Em laboratório começamos por colocar a farinha dentro da amassadeira e estabilizamos a temperatura da mesma a 20°C antes de dar inicio ao ensaio, posteriormente hidratamos a farinha com uma solução de cloreto de sódio a (2,5%) na quantidade proporcional á sua humidade relativa. Ligamos a

amassadeira durante oito minutos para que a massa fique homogénea. Após os oito minutos ligamos a extrusão e cortamos a massa em 5 circunferências todas com o mesmo diâmetro e espessura. Posteriormente colocamos a massa em repouso até aos 28 minutos. Pós o repouso procedemos á insuflação das 5 circunferências, até á sua rutura. Após a insuflação de cada circunferência de massa é produzida uma curva do seu desenvolvimento no alveograma, sendo que normalmente só seleccionamos as três curvas com maior proximidade (Figura 4).

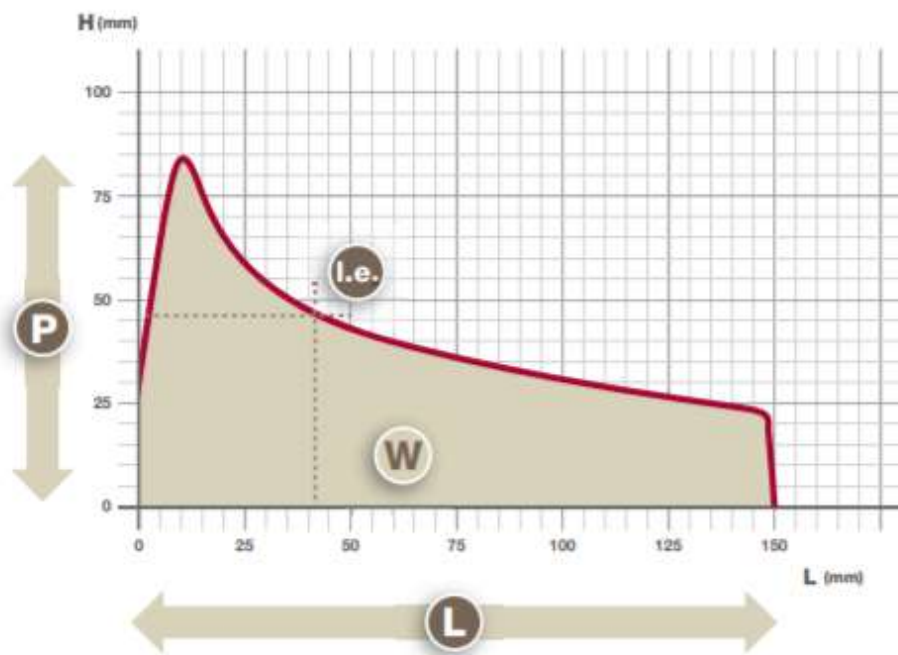


Figura 8- Exemplo de resultado do alveograma. (P): tenacidade; (L): extensibilidade; (W): energia necessária para deformar 1 grama de massa

3.2.3- pH

O ph é um indicador chave de qualidade na indústria alimentar, pois determina o grau de acidez ou alcalinidade dos produtos.

A medição do pH em situação laboratorial é feita com recurso a um *pH Meter Metrohm* que é constituído por um eléctrodo ligado a um potenciómetro, o eléctrodo é mergulhado na solução a analisar, espera-se até estabilizar e o potenciómetro fornece-nos o valor de pH.

3.2.4- Densidade

A densidade define-se como o quociente entre a massa e o volume desse corpo. Podemos afirmar que a densidade mede o grau de concentração de massa num determinado volume.

Em laboratório analisamos a densidade recorrendo á medição do peso da amostra num balão

volumétrico de 100 ml e o valor é apresentado nas unidades de g/cm³.

3.2.5- Reofermentograma

Tal como mencionado anteriormente, a levedura é o principal agente da etapa de fermentação nos produtos de panificação, esta gera dióxido de carbono e etanol conferindo sabor, textura e a estrutura arejada característica do pão (Newberry *et al.* 2002). A taxa de produção de dióxido de carbono pela ação da levedura é o aspeto mais crítico durante a etapa de fermentação, esta depende de inúmeros fatores como a formulação, os parâmetros de fermentação e essencialmente das características intrínsecas da própria levedura (Randez-Gil *et al.* 1999).

De forma a avaliar a quantidade de CO₂ produzido pela levedura e as propriedades de retenção de gás da massa, na Nutporbreads utilizamos o aparelho Rheo F4. O Rheo F4 analisa a quantidade de CO₂ produzido, o volume, a permeabilidade e a tolerância da massa. A análise realizada no Rheo F4 é uma simulação da etapa fermentativa do processo industrial, portanto a temperatura da análise é de 28,5°C de forma a produzir dados os mais corretos possíveis.

Antes de procedermos a análise, temos de elaborar uma massa, de forma a representar a massa produzida em situação industrial. Para tal adicionamos farinha, propionato de cálcio (conservante), dextrose (catalisadora da reação de fermentação), sal, água e levedura. A ordem de adição dos ingredientes é de extrema importância, sendo que primeiro procedemos a mistura dos ingredientes sólidos, a exceção do sal, e posteriormente adicionamos os ingredientes líquidos. O sal é o último ingrediente a adicionar, pois este pode destruir a levedura e/ou cessar a sua capacidade fermentativa. Após a massa estar preparada o que demora aproximadamente 8 minutos, esta é colocada no aparelho e é iniciada a análise.

O aparelho constrói dois gráficos (Fig.5 e 6): a Fig.5 representa o desenvolvimento da massa, onde é avaliado o desenvolvimento da massa e a resistência da rede proteica, e a Fig 6 representa a avaliação de produção de CO₂, capacidade de retenção de gás, velocidade de produção de gás e o tempo de aparecimento de porosidade na massa (Anexo1).

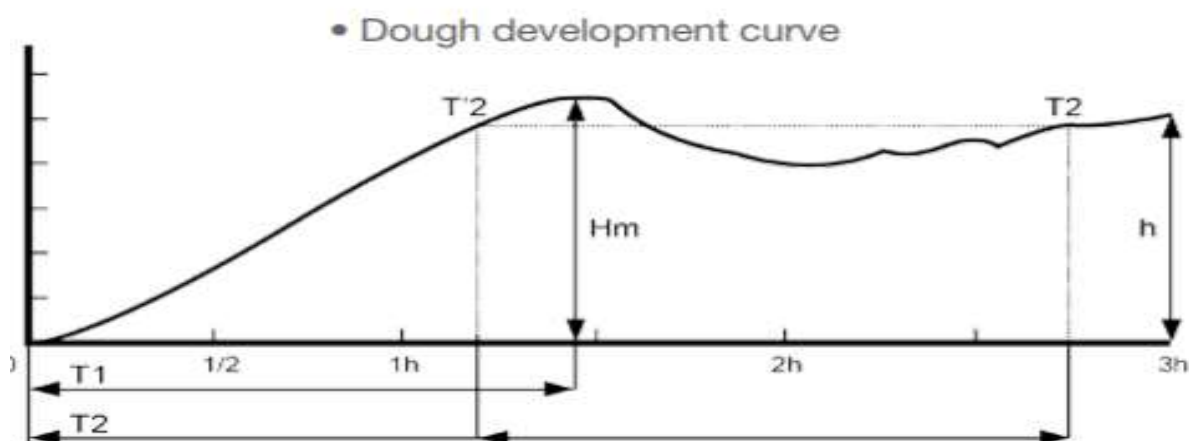


Figura 5 - Exemplo de resultado para desenvolvimento da massa durante ensaio no rheo. Hm: desenvolvimento máximo alcançado pela massa, relacionado com o volume do pão. T1: Tempo para atingir máximo desenvolvimento. T2-T'2: Tempo de estabilidade relativa no ponto de máximo desenvolvimento

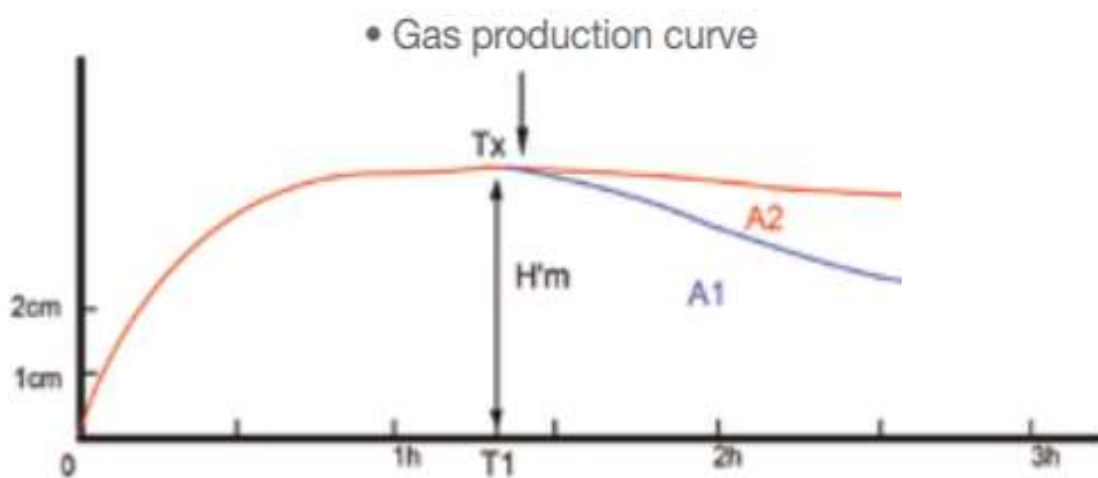


Figura 6- Exemplo de resultado para a produção de gás durante ensaio no rheo. H'm: altura máxima da curva. T1: tempo necessário para alcançar H'm. Tx: tempo de aparecimento de porosidade na massa, ou seja, tempo em que a massa começa a emitir CO2. (A2): Volume total de CO2 perdido: volume total de dióxido de carbono em ml que a massa permitiu escapar durante a prova. (A1): Volume de retenção: volume de dióxido de carbono em ml. ainda retido dentro da massa no final do teste.

3.2.6- Índice de acidez

A quantificação dos ácidos gordos livres presentes no óleo é bastante importante para avaliar a sua qualidade. Valores elevados de ácidos gordos livres indicam alterações no óleo, nomeadamente a presença de ácidos gordos livres de cadeia longa, ácidos orgânicos de cadeia curta, aldeídos e cetonas sendo que estes compostos contribuem para a rancificação (Bermejo *et al.* 2013).

Na Nutporbreads a determinação realiza-se por titulação ácido-base direta, adotando a norma Portuguesa (NP903:1987). Baseia-se na neutralização dos ácidos gordos livres presentes numa grama de óleo dissolvido numa mistura de álcool éter/etanol por intermedio de uma solução alcalina de hidróxido de sódio utilizando como indicador fenolftaleína. Para realizar a titulação ácido-base é necessário adicionar 100ml de solução de éter/etanol (1:1) à massa da amostra, a solução deverá ser previamente neutralizada com solução 0,1M de hidróxido de sódio e deverão ser adicionadas três gotas de fenolftaleína. Posteriormente realiza-se a titulação com uma solução de NaOH 0,1M até se obter uma cor rosa ténue persistente.

3.2.7- Águas de consumo e águas residuais

Sendo a água um dos ingredientes principais no fabrico do pão, é necessário monitorizar diariamente os valores de pH e cloro. Para tal na Nutporbreads são recolhidas amostras em diferentes pontos ao longo da linha da estação de tratamento de água (ETA). O pH é medido com um potenciómetro 744 *pH Meter Metrohm*, e a quantificação do cloro é realizada com base na técnica de espectrofotometria através do equipamento *MQ200 Lovibon*. A quantificação do cloro é essencial, pois este é o agente responsável pela desinfeção e o indicador do bom funcionamento do tratamento, contudo o seu valor não pode sair do intervalo de valores definidos. O pH é outro dos indicadores do bom funcionamento do tratamento da água e não devesa sair do valor estipulado de forma a não influenciar o produto final.

As análises efetuadas às águas residuais são bastante importantes na preservação do meio ambiente. Assim sendo na Nutporbreads a recolha das amostras é diária assim como a sua análise, para que as águas possam ser descarregadas dentro dos parâmetros estabelecidos. As análises efetuadas são o pH e a carência química de oxigénio (CQO). O pH é medido com recurso a uma fita medidora de pH, pois não é necessário um método preciso, sendo a gama de valores expetável de 6.5-9.5. A CQO mede a quantidade de oxigénio necessária para oxidar por via química a quantidade de matéria orgânica presente na amostra e transformá-la em dióxido de carbono, água e matéria inorgânica oxidável.

Para realizar a amostragem são recolhidas três amostras em três pontos distintos da ETAR, entrada, saída primária e saída da ETAR.

- Entrada: retiramos 0,2mL de amostra e adicionamos a um tubo de ensaio com o reagente (HI93754-C25HR, 0-15000mg/L). O tubo é homogeneizado e colocado num reator a 150°C por 2 horas
- Saídas: retiramos 2mL de amostra e adicionamos a um tubo de ensaio com o reagente

(HI93754B-25MR, 0-1500mg/L). O tubo é homogeneizado e colocado num reator a 150°C por 2 horas

Após o período de 2 horas os é lida a absorvância dos diferentes tubos com um fotómetro.

3.2.9- Inspeção de material de embalagem

Após a chegada do material de embalagem ao armazém são recolhidas amostras de cinco caixas distintas que perfazem um total de 70 embalagens, as quais são encaminhadas para o laboratório de controlo de qualidade para serem analisadas.

São realizados testes de controlo de qualidade a cinco embalagens sendo estes:

- **Teste de tinta:** baseado na fricção da embalagem para verificar se esta perde tinta.
- **Verificação *standard*:** avaliação da cor, código do produto, rotulo e designações
- **Verificação do código de barras:** leitura de código de barras para verificar se este corresponde ao produto correto. As restantes embalagens da amostragem retiradas passam pelo controlo de fissuras.
- **Teste de fissuras:** as embalagens são cheias de ar e verifica-se se existe alguma fuga deste

Quando embalagens novas são recebidas pela primeira vez em fábrica são realizados alguns testes de qualidade para além dos referidos anteriormente. Os testes de qualidade realizados a embalagens recebidas pela primeira vez são:

- **Medições:** largura, comprimento, fundo, solapa, distância entre furos e distância do furo ao topo
- **Gramagem:** determinação de massa por m² de embalagem, por pesagem em balança de precisão
- **Espessura:** utilização de um micrómetro digital

Se os resultados estiverem dentro dos parâmetros estabelecidos como aceitáveis é colocada uma etiqueta verde e as embalagens podem ser usadas, se forem encontradas anomalias é colocada uma etiqueta vermelha e o produto não pode entrar na produção.

3.3- Controlo de qualidade do produto acabado

Na Nutporbreads o controlo da qualidade do produto durante a sua validade é realizado em laboratório, onde são realizados testes físico-químicos, inspeção de bolors visíveis e análises microbiológicas. Para além deste controlo diário, foi também realizado um estudo individual para cada formato de forma a criar uma base de dados com a evolução destes parâmetros para cada formato produzido.

O pão é armazenado em laboratório em condições idênticas ao armazenamento estipulado no rótulo, e as suas características físico-químicas são testadas com uma periodicidade previamente estabelecida

até ao fim do seu prazo de validade. O produto é também analisado com a mesma periodicidade visualmente e de forma a detetar algum indício de deterioração. A inspeção de bolores visíveis é outro dos aspetos que é fulcral controlar, a fim de perceber se existe alguma contaminação desde a etapa de cozedura até ao embalamento, os bolores são contabilizados e são tomadas medidas corretivas de forma a eliminar a possível contaminação que esta na sua origem. As análises microbiológicas são realizadas num laboratório externo acreditado, no início e no fim de validade e os parâmetros das análises microbiológicas são: contagem de microrganismos a 30°C; contagem de bolores e leveduras; determinação da ausência de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, Enterobacterias e *E.coli*

3.3.1- Análises físico-químicas

3.3.1.1- Textura

Em laboratório é utilizado o equipamento *TA.XT plus Analyser Stable Micro Systems*, conectado ao Software *Exponente (stable micro system)*. Antes de iniciar a análise é necessário calibrar o texturómetro e definir os parâmetros da análise. Seleccionamos a sonda que iremos utilizar, (SMS P/50) e aplicamos uma carga de 5 kg para realizar a calibração. Posteriormente definíamos a velocidade de pré-teste, de teste e de pós-teste, a distância e a força de tensão. Para realizar o teste não utilizávamos as fatias de topo, mediamos a cada duas fatias, exceto no pão com fatia mais grossa que usávamos apenas uma fatia, a dureza colocando as fatias na base do texturómetro e centralizadas sob a sonda que exercia a força de compressão voltando posteriormente a posição inicial. A dureza é assim calculada através do software Exponent. Este trata todos os resultados obtidos para a força máxima de cada fatia e é obtida uma média representativa que é expressa em quilogramas (Fig.7).

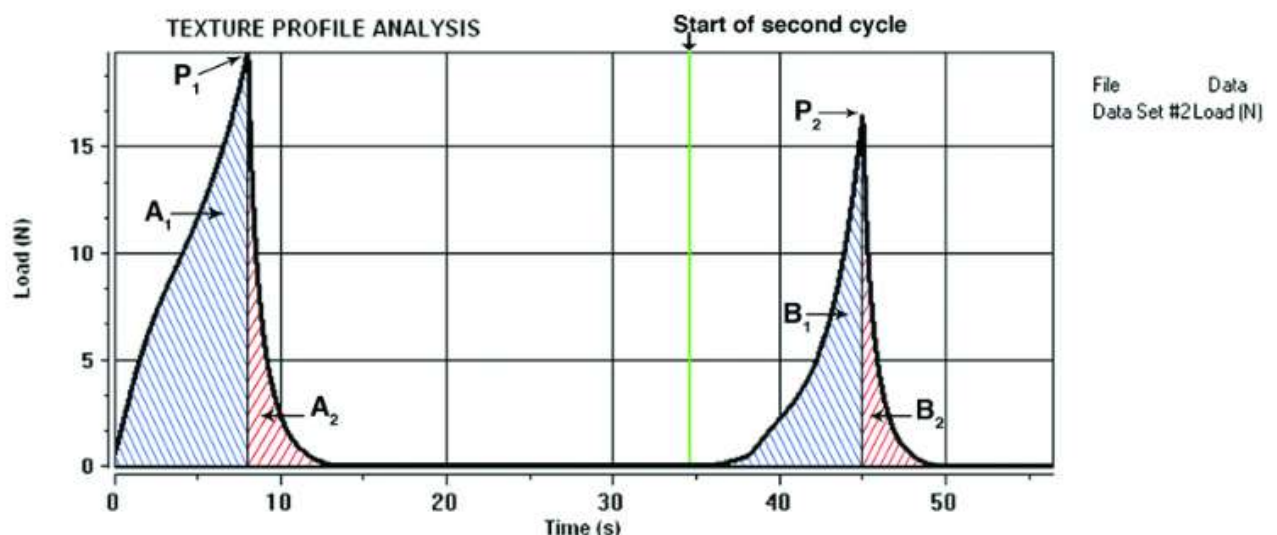


Figura 7- Exemplo de resultado de análise textural do pão. P_1 : Dureza; A_2 / A_1 : Resiliência; B_1 / A_1 : Coesão

3.3.1.2- Humidade relativa e atividade da água (a_w)

Para a determinação do teor de humidade, na Nutporbreads são utilizados em laboratório dois equipamentos: um analisador de halogénio e outro de infravermelhos. O equipamento de halogénio, *Moisture Analyzer Mettler Toledo HR83*, opera sob o princípio da termogravimetria, no início da medição o aparelho determina o peso da amostra, e posteriormente a amostra é rapidamente aquecida, pelo módulo de aquecimento de halogéneo, e a humidade evaporar. Depois do processo de secagem estar concluído, o conteúdo de humidade da amostra aparecerá no ecrã do aparelho. Em comparação com o método de infravermelhos este método apresenta um tempo de aquecimento mais curto. A determinação do teor de humidade por infravermelhos funciona através da penetração de radiação IV em comprimentos de onda específicos sobre a amostra em análise. Em laboratório esta análise é conduzida a uma temperatura de 110°C tanto para a levedura líquida como para o açúcar, diferenciando-se apenas a quantidade de amostra pesada, e a uma temperatura de 115°C por um tempo de 8 minutos para amostras de pão.

A atividade da água (a_w) é o critério mais usado para garantir segurança e qualidade (Fig.8), é uma medida que permite avaliar a atividade microbológica de um alimento, bem como a sua estabilidade em armazenamento (Van Nieuwenhuijzen *et al.* 2008). O a_w de um alimento é a razão entre a pressão de vapor do próprio alimento, e a pressão de vapor de água destilada (Decagon 2006). O a_w descreve o grau de ligação da água no alimento, e a sua disponibilidade para facilitar o crescimento microbiano e participar em reações químicas e bioquímicas. Um a_w com valores relativamente baixos pode ajudar a inibir o crescimento de microrganismos (Slade *et al.* 1991). Os valores de a_w de um alimento podem ser manipulados de varias formas, adição de solutos como sal ou açúcar, remoção física da água através de secagem ou cozimento, ou ligação da água a componentes macromoleculares no alimento. A medição de a_w é feita no aparelho *LabMaster- a_w Novasina* após a amostra do produto triturada previamente ser colocada no mesmo. Este consiste num higrómetro constituído por uma membrana dielétrica, que à medida que absorve a água, aumenta a carga elétrica e a capacitância é medida.

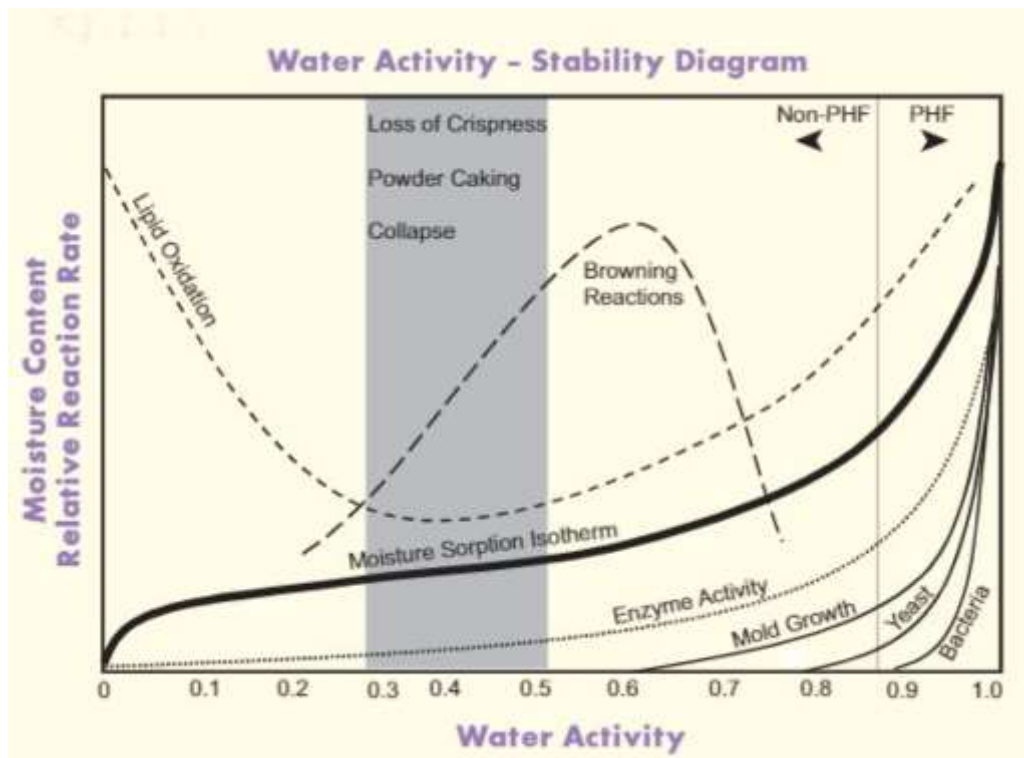


Figura 8- Gráfico da atividade da água versus taxa de deterioração alimentar. (<http://bakerpedia.com/processes/water-activity/>)

3.3.1.3- Inspeção de bolores visíveis

Na indústria da panificação o aparecimento de bolores é indesejado, este representa cerca de 5% de perdas na indústria da panificação dependendo do produto, estação do ano ou processo de fabrico. Os bolores desenvolvem-se em condições propícias como temperaturas elevadas, elevada atividade de água e falta de higienização. Os bolores podem ter um efeito positivo ou negativo na indústria alimentar, pois uns são perfeitamente seguros para comer e alguns casos o seu aparecimento é desejado. Contudo existe bolores bastante tóxicos, sendo a produção de micotoxinas que podem representar complicações sérias se forem consumidas. Para prevenir o aparecimento de bolores devem ser adotadas medidas nomeadamente: Boas práticas de fabrico, higienização da linha especialmente após o forno, manipulação cuidada por parte dos operadores, controlo e manutenção da qualidade do ar na camara de arrefecimento, embalagem e sala de acompanhamento. Todos os produtos são sujeitos a um controlo rigoroso durante o seu tempo de validade, sendo feita a verificação dos bolores visíveis uma descrição rigorosa e contabilização. De forma a controlar a qualidade do ar nas camaras de arrefecimento, embalagem e sala de acompanhamento é realizado na Nutporbreads um controlo ambiente quinzenal, sendo que a sua periodicidade aumenta se existir aparecimento de bolores nos produtos armazenados. O aparecimento de bolores leva a realização de medidas corretivas, procurando a fonte do problema e após ser encontrado e estabelecido um plano de ação para a sua eliminação.

3.3.1.4 Análises microbiológicas

A análise microbiológica dos alimentos permite controlar a qualidade microbiológica geral dos alimentos, e detetar a presença de microrganismos patogénicos ou toxinas suscetíveis a causar intoxicações alimentares. Permite ainda recolher informação sobre as condições de higiene na preparação e ou processamento do alimento. É necessário efetuar estas análises como forma de comprovar a segurança do alimento comercializado, sendo que o objetivo é proteger e preservar a saúde humana. A análise deve ser efetuada tanto as matérias-primas como ao produto final, as análises ao produto final permitem construir um historial do produto, e impedir a comercialização do mesmo se existir alguma não conformidade no mesmo. Para avaliar a qualidade microbiológica dos produtos alimentares estudados são enviadas amostras de referência para um laboratório externo acreditado e é feito um balanço final dos boletins microbiológicos obtidos, com base nos Valores Guia da Tabela 2. (INSA,2005)

Tabela 2- Valores Guia de critérios microbiológicos aplicáveis aos produtos de panificação, baseado em informação da entidade INSA de acordo com o regulamento 2073/2005

	Qualidade Microbiológica (UFC/g)			
Microrganismos	Satisfatório	Aceitável	Não satisfatório	Inaceitável/Potencial perigoso
Microrganismos 30°C	$\leq 10^2$	$>10^2 \leq 10^4$	$>10^4$	NA
<i>Escherichia coli</i>	<10	NA	≥ 10	NA
<i>Staphylococcus</i> <i>Coagulase +</i>	$<10^2$		$\geq 10^2 \leq 10^4$	$>10^4$
<i>Salmonella spp</i>	Ausente em 25g	NA		Presente em 25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente em 25g	Presente em 25g/ $<10^2$		$\geq 10^2$

NA- não aplicável

3.3.2- Controlo de processos

Em todas as etapas do processo de fabrico, existem condições processuais que são controladas de forma a garantir a qualidade final do produto. Como podemos observar pela análise da (Tab.3) existem quatro etapas durante o processo de fabrico onde é necessário controlar diversas características, estas devem ser controladas diariamente para cada formato, pois existe uma pequena variabilidade nestes parâmetros dependendo do formato a fabricar. Com exceção da fase de amassados, as características a controlar são a temperatura, humidade e tempo pois são as que mais influenciam a qualidade final do produto. Os valores destas características são medidos automaticamente sendo apenas necessário um controlo visual, a menos que seja reportado algum problema na qualidade do produto final. Os valores de temperatura e tempo ótimos descritos na biografia estão referenciados no ponto 1.2 e 3.1.

Tabela 3- Características a controlar nas diferentes etapas de fabrico

Etapa	Caraterísticas a controlar
Amassados	Temperatura; Tempo; Peso; Consistência; Elasticidade
Fermentação	Tempo; Temperatura; Humidade; Aspeto da massa
Forno	Temperatura dos queimadores; Tempo
Arrefecimento	Temperatura; Tempo; Humidade

CAPÍTULO 2: UNIFORMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS DE CONTROLO PARA O FABRICO DE PÃES DAS VÁRIAS GAMAS

Na Nutporbreads foram recentemente integrados novos formatos de pão na sua unidade de produção em Gulpilhares. A adaptação dos novos formatos às condições de fabrico, a extensão do prazo de validade e a necessidade de rentabilizar o processo sem afetar a qualidade do produto final foram os objetivos principais da realização deste estudo.

Assim sendo, após a integração destes novos formatos, que até então eram produzidos noutras fábricas do grupo, foi necessário proceder à recolha de dados sobre os parâmetros do processo de fabrico e sobre a qualidade do produto final, os quais foram analisados recorrendo à recolha de dados sobre as características físico-químicas.

Após a recolha de todos os dados estabelecidos pela empresa, foi criada uma base de dados que permitirá ajustes nos parâmetros do processo de fabrico e nas formulações atingindo uma política de melhoria contínua do produto final e rentabilização dos processos de fabrico.

Os parâmetros a recolher durante o processo de fabrico foram os mais importantes e que podem ter mais impacto na produção do pão nomeadamente: temperatura e humidade nas câmaras de fermentação e arrefecimento, temperatura e tempo no forno.

4. Materiais e métodos

Para a recolha de dados sobre a temperatura e humidade na câmara de fermentação e arrefecimento, foi utilizado o *data logger* testo 174H, este era inserido num pão e fazia todo o percurso real durante o processo de fabrico, gravando os dados em tempo real, os quais eram tratados posteriormente em computador

O perfil térmico no forno foi traçado utilizando o aparelho V-Mole este possui três termopares, que foram colocados em diferentes posições, o primeiro termopar foi colocado do centro do pão, o segundo termopar foi colocado na zona exterior do pão e o terceiro termopar foi colocado por fora do molde, desta forma é possível acompanhar a temperatura nas três zonas durante o tempo em que o pão está no forno.

Os dados foram recolhidos em tempo real pelo aparelho e depois foram tratados num programa específico. É necessário registar ainda o tempo do processo de cozedura, a temperatura de cada queimador sendo que são três no total e a distância de cada zona do forno de forma a ajustar o gráfico fornecido pelo programa.

Para a recolha de dados sobre as características físico-químicas do produto final foram retirados dezoito formatos (5 formatos s/côdea branco; 2 formatos s/côdea integral; 8 formatos c/côdea branco e 3 formatos c/côdea integral) e a amostragem foi de três lotes por cada formato com exceção dos pães

sem cõdea integrais em que a amostragem foi de apenas dois lotes.

Esta amostragem escolhida de forma a permitir tirar conclusões sobre possíveis variabilidades dentro de cada formato podendo-se futuramente estabelecer valores limite mais reais.

Após a recolha de dados dos dezoito formatos em triplicado estes foram agrupados em quatro categorias gerais nomeadamente (s/cõdea branco; s/cõdea integral; c/cõdea branco e c/cõdea integral) desta forma os gráficos obtidos apresentam diferenças mais visuais e diretas.

Os aspetos físico-químicos escolhidos pela empresa foram: dureza, humidade relativa e atividade da água, sendo que todas as características foram analisadas durante 35 dias.

A periodicidade de análises para cada amostra foi previamente estabelecida pela empresa sendo que as análises foram efetuadas ao DDV 1;10;20;25;27;29;30;31;33;35.

Com os resultados obtidos das análises efetuadas foram construídos gráficos de evolução de cada característica ao longo do DDV, para cada grupo de formatos, para além disso foi realizada uma análise estatística à relação entre os parâmetros (humidade relativa, a_w e dureza) para cada grupo de formatos utilizamos o coeficiente de correlação de Pearson, sendo que este mede o grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Para a obtenção dos resultados foram inseridos os valores (Anexo 21,22 e 23) no programa SPSS.

5. Resultados das análises físico-químicas

Para a recolha de dados sobre o processo de fabrico, foi colocado numa fase inicial o *data logger* referido anteriormente na câmara de fermentação de forma a controlar os valores de temperatura e humidade, os resultados estão representados na Fig.9 Era de esperar um valor de temperatura de aproximadamente 35°C e como podemos ver pela observação da Fig.9 a temperatura média da camara de arrefecimento é de 33°C, logo é um valor aceitável e próximo do esperado. A humidade esperada na fermentação seria de 75% ou superior, contudo os valores obtidos em media são de 53%, um pouco abaixo do esperado podendo ter interferência na qualidade final do produto (Birch *et al.* 2013).

Instrument name: PANRICO		15:57:57			Page	1/1
Start time:	20:36:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time:	3:34:00	Temperatura [°C]	23,60	54,90	33,275	0,0/70,0
Measurement channels:	2	Humidade [%rH]	24,80	94,40	53,498	0,0/100,0
Measured values:	210					
36972736						
DATALOGGER						

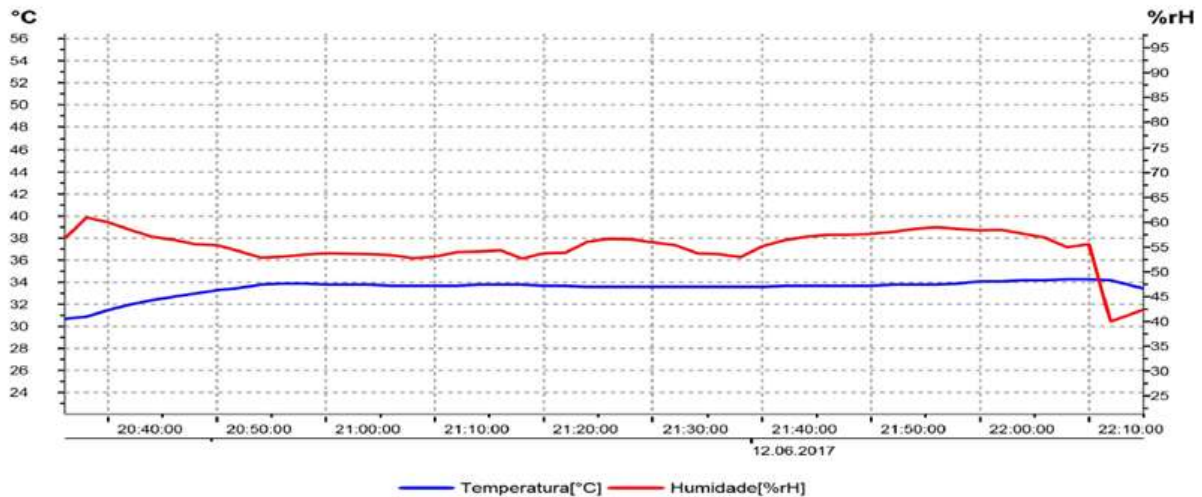


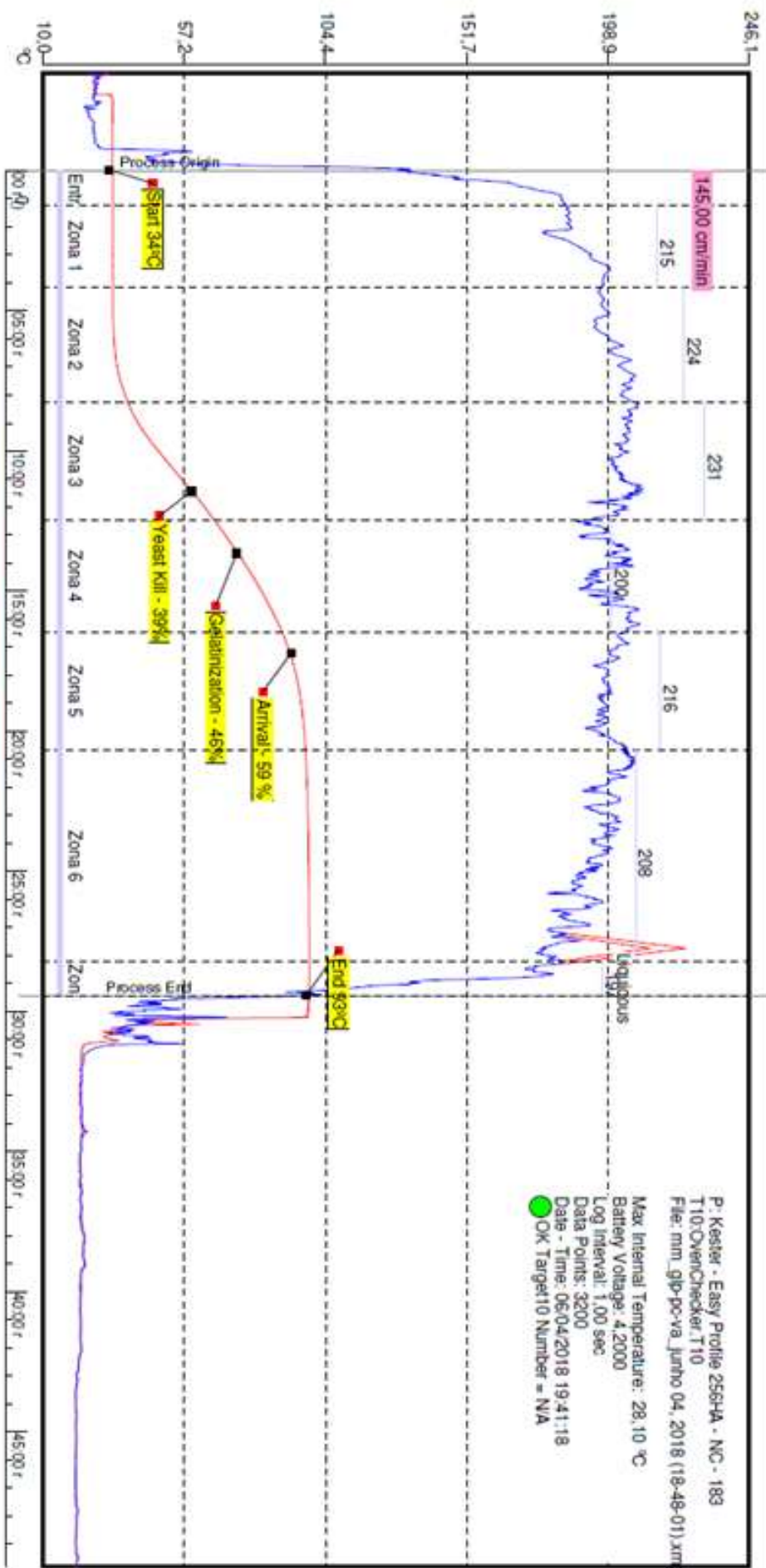
Figura 9- Perfil de temperatura/humidade na câmara de fermentação de pão com côdea

Após a recolha de dados na câmara de fermentação a fase processual que se segue é o cozimento. Para o controlo dos parâmetros do cozimento foi utilizado o *data logger* referido anteriormente, após a recolha e tratamento dos dados os gráficos obtidos são os representados na Fig.10 e 11 estes podem ser divididos em três zonas distintas. A primeira zona é a zona em que se dá a morte da levedura esta deve acontecer antes do tempo de cozedura atingir os 50% do tempo total e a temperatura necessária é de 60°C, quanto mais rápido se der a morte da levedura menos dióxido de carbono é produzido, impedindo assim que a primeira zona se arraste demasiado e as células que retêm o dióxido de carbono rebentem resultando num pão com uma textura pobre. A segunda zona é vital para o desenvolvimento das características físico-químicas da massa, na qual ocorre a gelatinização do amido e a desativação proteica e enzimática, é nesta fase que a massa passa a pão, esta zona não deverá ultrapassar os 60% do tempo de cozedura total e a temperatura a atingir deverá ser de 75°C. A terceira zona é fulcral na formação da textura característica do pão, uma diminuição temporal desta poderá ter consequências negativas, como secar o pão em demasia, esta etapa deve ser atingida aos 85% do tempo de cozedura. Contudo este valor pode variar dependentemente das características pretendidas que podem ser, um pão mais húmido ou um pão mais firme. Se o objetivo for uma textura mais húmida e suave esta etapa pode chegar aos 90% do tempo total de cozedura, contudo se o pretendido for uma textura mais firme e seca esta etapa pode chegar apenas aos 75% do tempo total de cozedura a temperatura ideal nesta zona é de 93°C (Marcotte 2007).

Após analisar os dados recolhidos no caso do pão grande (Fig.10) podemos verificar que as percentagens do tempo total de cozedura para cada etapa estão um pouco afastadas do que seria

expetável. A morte da levedura e a gelatinização acontecem um pouco mais tarde do que o pretendido, contudo a terceira zona está dentro dos valores espectáveis, e a temperatura atingida é um pouco mais elevada do que o necessário.

A análise dos dados recolhidos no caso do pão pequeno (Fig.11) remete-nos para um cenário bastante diferente do relatado anteriormente poderá, no entanto, dever-se ao facto deste pão ser cozido de maneira diferente dos outros, sendo que este formato não leva tampa. A morte da levedura acontece antes dos valores expetáveis assim como a gelatinização, contudo o fator mais preocupante na análise deste gráfico é a terceira zona que acontece bastante antes do pretendido, podendo ter efeitos bastante negativos na qualidade final do produto. Pois uma terceira zona tão precoce poderá secar o pão em demasia.



P: Keester - Easy Profile 256HA - NC - 183
 T10: OvenChecker: T10
 File: mm_glp-pc-va_junho 04, 2018 (18-48-01).xml
 Max Internal Temperature: 28,10 °C
 Battery Voltage: 4,2000
 Log Interval: 1,00 sec
 Data Points: 3200
 Date - Time: 06/04/2018 19:41:18
 OK Target10 Number = N/A

Temperature at Process Origin	Percent To Temperature	Percent To Temperature	Percent To Temperature	Maximum Temperature
-0.150-00.0 °C	60 °C	75 °C	93 °C	°C
34	39	46	59	99
99	39	46	59	112
83,5	19,5	24,5	29,5	155,0
70,00	27,56	32,56	41,72	79,20
Std Deviation				

Range	Average	Std Deviation
99	83,5	70,00
39	19,5	27,56
46	24,5	32,56
59	29,5	41,72
112		
155,0		
79,20		

no forno pra formato pequeno



		ESPECIFICAÇÃO	REAL
CÂMARA FERMENTAÇÃO	Temperatura (°C)	37 °C ± 3°C	37,1
	Humidade (%)	[65% - 85%]	67,1
	Tempo	[80 min - 120 min]	85 min
FORNO	T (°C) Zona 1	[212 - 252]	215
	T (°C) Zona 2	[216 - 256]	224
	T (°C) Zona 3	[230 - 270]	231
	T (°C) Zona 4	[210 - 250]	200
	T (°C) Zona 5	[210 - 250]	216
	T (°C) Zona 6	[215 - 255]	208
	T (°C) Zona 7	[170 - 210]	197
	T (°C) Queimador 1	[315 - 345]	310
	T (°C) Queimador 2	[315 - 345]	310
	T (°C) Queimador 3	[315 - 345]	310
	Tempo Cozedura (min)	24 - 26	27,5
CÂMARA ARREFECIMENTO	T (°C) PCC: Centro Pão	> 88	96
	Temperatura (°C)	≤ 25 °C	24,7
	Humidade (%)	80%	66,1
ANÁLISES	Tempo aprox.	120 minutos	110 min
	Foto de cor à saída do forno		OK
	Dureza (Kg)	0.362 (± 0.11)	0,488
	Aw	< 0,950	0,935
	Humidade (%)	<40%	36,08
Observações	Microbiologia à saída do Forno		OK
	Produção do formato no final da produção (normalmente é colocado no início)		
DATA: 04/06/2018			
			

Figura 12- Exemplo do tipo de dados recolhidos durante o registo do perfil de temperatura do pão de formato pequeno

Amassados									
Fermentação	Temperatura (°C)	38,6							
	Humidade(%)	53,7%							
	Tempo	1h 30 min							
Cozedura	Temperatura (°C)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	
		299	296	323	297	281	270	237	
	Tempo cozedura (min)	31,6							
	Queim. 1 (°C)	410							
	Queim. 2 (°C)	405							
	Temp. Centro Pão (°C)	98,3							
Arrefecimento	°C sonda da câmara	25,1							
	H% sonda da câmara	76,7%							

Figura 13- Exemplo do tipo de dados recolhidos durante o registo do perfil de temperatura do pão grande

Para terminar a recolha de parâmetros processuais foi realizada a recolha de dados de temperatura e humidade na câmara de arrefecimento, através do uso do *data logger* especificado no ponto 3.2, os dados obtidos estão representados na Fig.14 Quando o pão entra na camara de arrefecimento a sua temperatura interna é de aproximadamente 95°C e a temperatura da crosta esta compreendida numa gama de 150-180°C, a temperatura do pão no final da passagem pela camara de arrefecimento deverá ser de 35-40°C, e a humidade inferior a 38%. Para tal acontecer a temperatura do ar na camara de arrefecimento deverá ser de 24°C e a humidade devera ser de aproximadamente 85%.

Pela análise da Fig.14, mais especificamente analisando a linha correspondente á temperatura podemos verificar que antes da entrada do pão a camara se encontrava á temperatura de 24°C, temperatura considerada como ótima, quando se dá a entrada do pão a temperatura sobe, e após atingir o máximo de 54°C, desce até ao momento em que acontece a saída do pão, quando este sai a temperatura é estável num gama entre 29-27°C uma temperatura que permite ao pão ser embalado dentro dos limites propostos. Analisando agora a linha correspondente á humidade podemos verificar que inicialmente esta compreendida entre valores de 60-94%, aquando da entrada do pão e com o aumento exponencial da temperatura a percentagem de humidade diminui drasticamente atingindo os 25%, contudo com o passar do tempo esta restitui-o os seus valores e a aquando da saída do pão o seu valor está compreendido entre valores de 57-67%.

Instrument name: PANRICO		16:05:54			Page	1/1
Start time:	20:36:00	Minimum	Maximum	Mean value	Limit values	
End time:	3:34:00	23,60	54,90	33,275	0.0/70.0	
Measurement channels:	2	Humidade [%rH]	24,80	94,40	53,498	0.0/100.0
Measured values:	210					
36972736						
DATALOGGER						

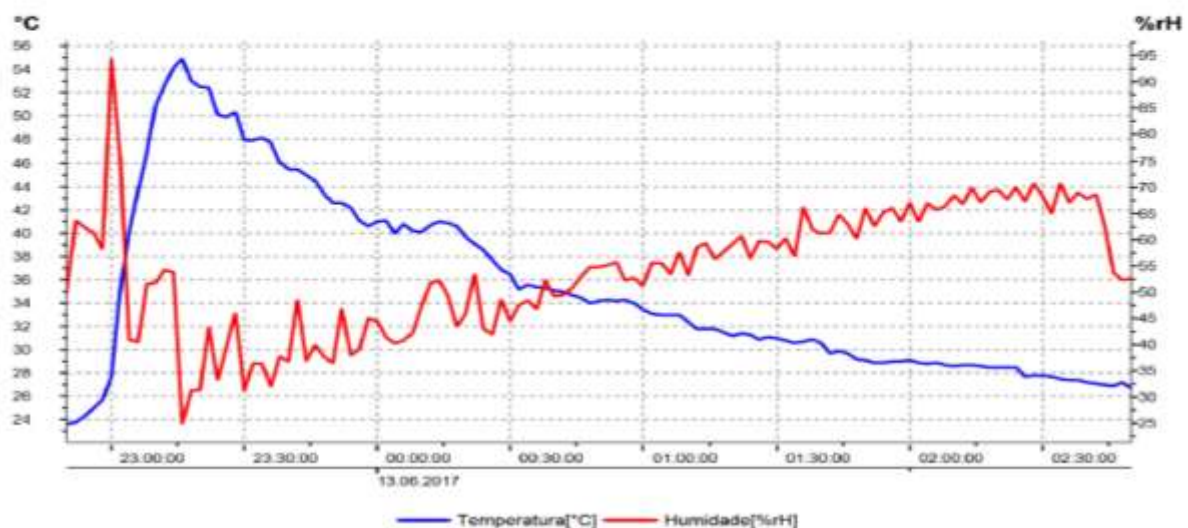


Figura 14- Perfil de temperatura/humidade na câmara de arrefecimento pão com côdea

Após a recolha dos parâmetros processuais e de forma a tornar o estudo científico o mais conclusivo específico recolhemos dados físico-químicos relativo a dezoito formatos de pão após ser embalado e armazenado sendo posteriormente analisados aos diferentes DDV. De forma a tornar os resultados recolhidos mais conclusivos e visuais os diferentes formatos foram agrupados em quatro grupos distintos, brancos sem cêdea, integrais sem cêdea, brancos com cêdea e integrais com cêdea. Foram construídas linhas de tendência de forma a perceber a evolução da dureza ao longo do tempo de vida do produto (Fig.15), a evolução da humidade relativa durante o tempo de vida (Fig.16) e a evolução da atividade da água durante o tempo de vida (Fig.17). As linhas de tendência foram contruídas a partir da média dos diferentes lotes de cada formato como está discriminado nas tabelas apresentadas no Anexo (21,22 e 23), foi ainda calculado o desvio padrão da média de cada grupo de formatos para cada característica físico química, e o erro do desvio padrão o qual esta representado graficamente através das barras de erro.

Analisando o gráfico de evolução da dureza ao longo do DDV, verifica-se um aumento da dureza durante o tempo de vida do produto em todos os formatos o que é expetável devido ao fenómeno de *stalling* ou envelhecimento, contudo este aumento é superior ao pretendido. Os limites estabelecidos pela empresa para a dureza estão compreendidos no intervalo de 0,4-0,65, como podemos verificar na (Fig.15) nenhum dos grupos de formatos analisados se encontra dentro da gama estabelecida, especialmente a gama de pães ricos em fibra.

A diferença entre a dureza dos pães brancos e dos pães integrais é bastante visível graficamente. Apesar desta diferença ainda não ser claramente entendida, é espectável que a adição de fibras limite a quantidade de água disponível para a formação da rede de glúten, fragilizando a mesma e consequentemente diminuindo a retenção de gás durante a fermentação. O que resulta num pão com um menor volume e um miolo mais denso e menos arejado. Estes efeitos podem ser revertidos pela adição de melhorantes e também diferem significativamente consoante o tipo de fibra utilizada e a sua constituição (Ktenioudaki & Gallagher 2012).

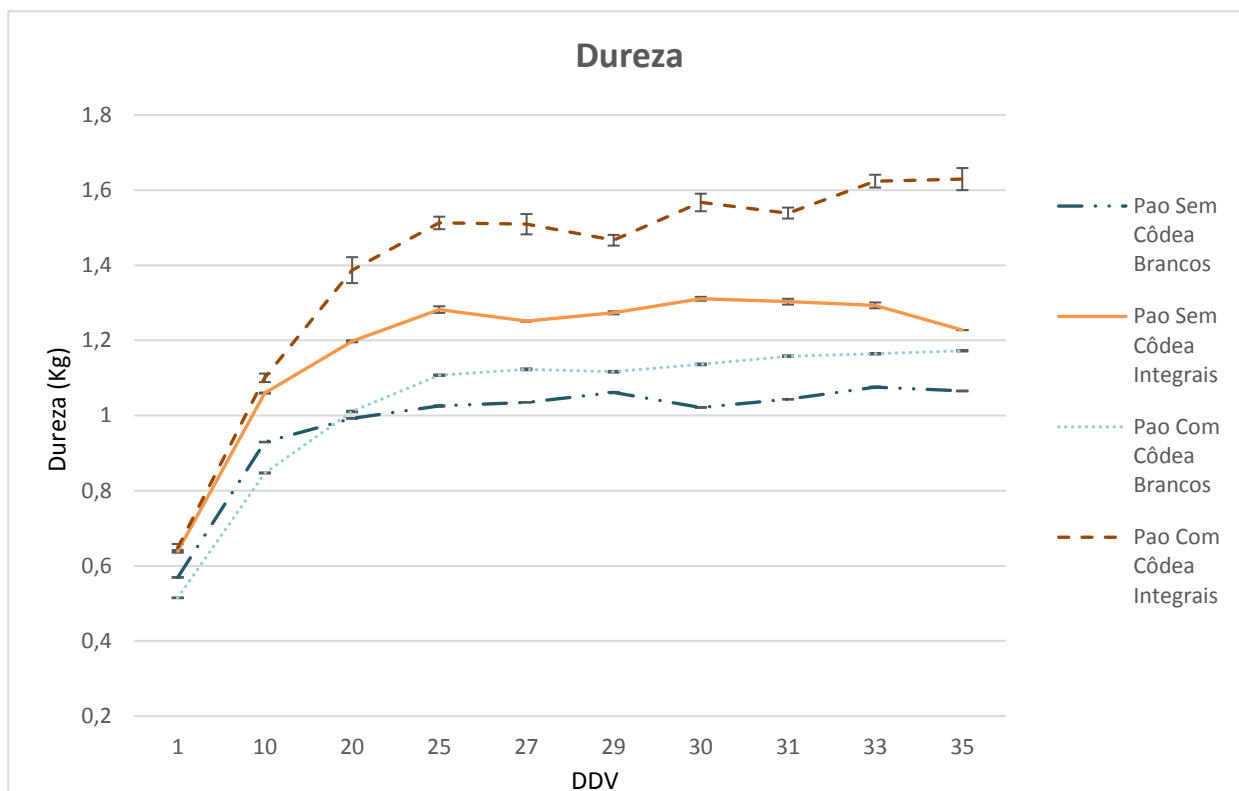


Figura 15- Evolução da dureza ao longo do tempo de vida

Analisando o gráfico de evolução da dureza durante o tempo de vida do produto podemos verificar uma diferença acentuada entre o pão sem còdea e o pão com còdea. Sendo esta diferença espetável, a empresa estabeleceu limites diferentes para o pão com còdea e para o pão sem còdea. Para o pão com còdea o limite estabelecido pela empresa é <40-42% dependendo do formato, pela avaliação do gráfico (Fig.16) podemos verificar que os grupos de pão com còdea se encontram dentro dos valores estabelecidos. Para o pão sem còdea os limites estabelecidos pela empresa são <44-45%, analisando o mesmo gráfico podemos concluir que os valores apresentados para o pão sem còdea também se encontram dentro dos limites estabelecidos, contudo encontram-se demasiado próximos do limite.

A diferença acentuada entre os valores de dureza do pão sem còdea e do pão com còdea é fenómeno que pode ser explicado pelas transformações que ocorrem na estrutura do pão durante o armazenamento. O pão fresco à temperatura ambiente possui uma rede de amilose semi-cristalina e uma rede de glúten termo endurecível, durante o armazenamento a amilopectina recristaliza num processo denominado retrogradação, a água migra do miolo para a còdea do produto e reorganiza-se, estes fenómenos resultam no endurecimento da rede de glúten tendo consequências no aumento da dureza do pão (Bosmans *et al.* 2014).

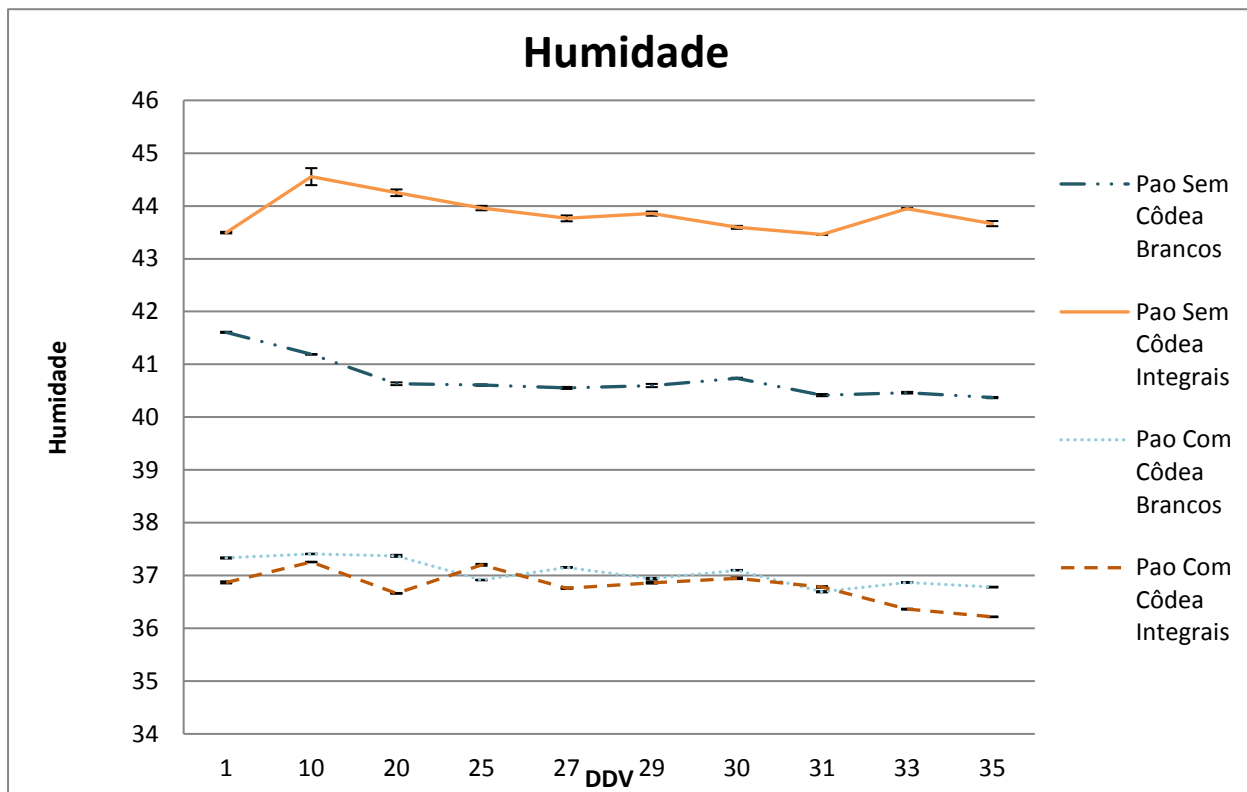


Figura 16- Evolução da humidade relativa ao longo do tempo de vida

A migração da água do miolo para a côrdea justifica a diferença de humidade deste pão para o pão sem côrdea, a humidade fica retida na côrdea durante o processo de *stalling* endurecendo o miolo, contrariamente ao que acontece no pão sem côrdea pois não havendo diferenças no gradiente de humidade dentro do pão as moléculas de água não migram numa taxa tão elevada.

Podemos afirmar que existe uma relação direta entre a humidade do pão e a sua dureza, uma vez que uma menor humidade relativa se reflete numa maior dureza, contudo a utilização de fibras pode inverter esta relação linear sendo que o seu uso na formulação requer uma maior hidratação, o que não se reflete numa menor dureza devido a sua ação negativa sobre a rede de glúten.

A análise do gráfico da atividade da água (a_w) durante o tempo de vida do produto não é conclusiva, pois não podemos estabelecer uma tendência para os diferentes formatos ao longo do seu DDV (Fig. 17). A variabilidade dos resultados deve-se à falta do calibre 0,90 no aparelho utilizado, sem este a variabilidade dos resultados é muito elevada e pouco realista. Deverá proceder-se a uma nova calibração do aparelho com o calibre 0,90 de forma a recolher dados mais exatos e conclusivos.

Contudo pela análise da (Fig.17) podemos concluir que nenhuma das curvas de tendência ultrapassou

o limite para este parâmetro estipulado pela empresa (< 0.950 - 0,960) dependendo do formato de pão, sendo que apesar dos resultados serem inconclusivos para retirar informações sobre a variabilidade deste aspecto físico-químico durante a vida do produto, permitem à empresa concluir que nenhum dos formatos esta fora dos limites estabelecidos.

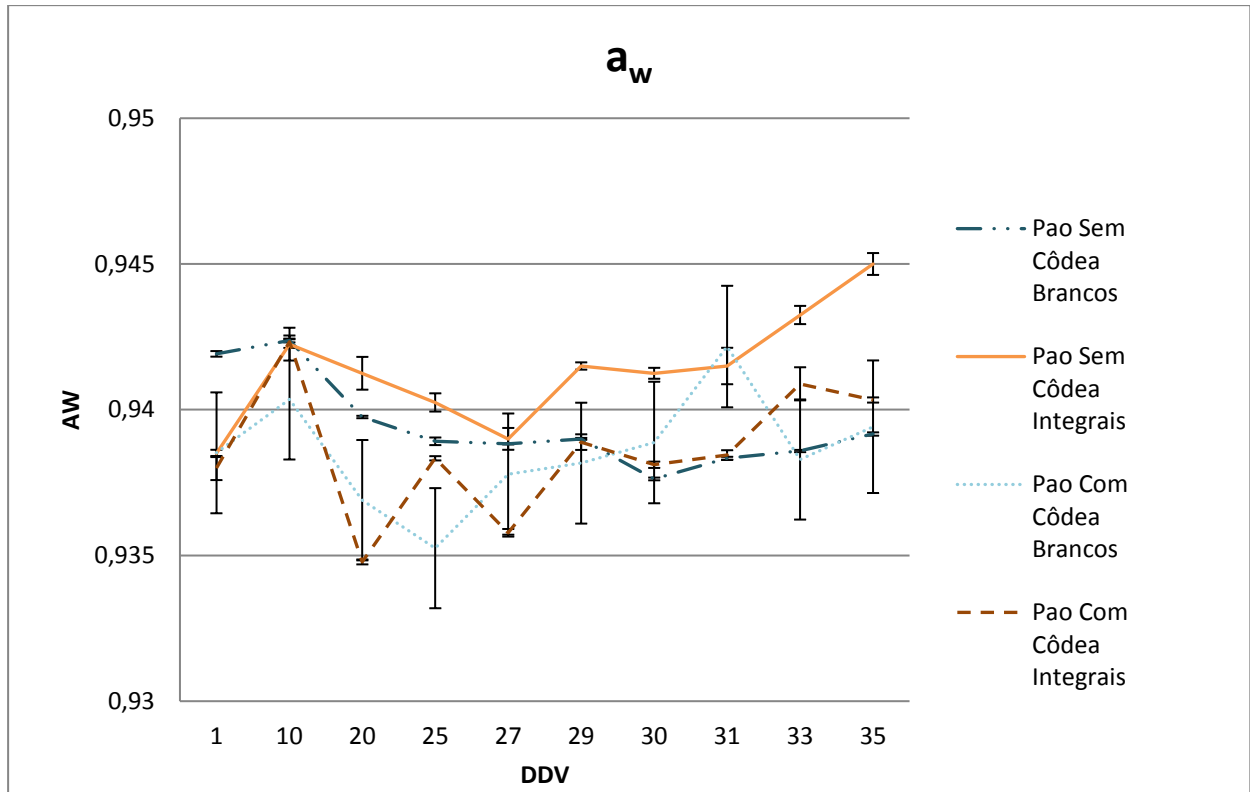


Figura 17- Evolução da atividade da água ao longo do tempo de vida

Os resultados da análise estatística gerados pelo programa SPSS estão representados nas (Tab. 4,5,6 e 7), e permitem nos tirar conclusões sobre as possíveis relações entre os três parâmetros e de que forma estas variam.

O coeficiente da correlação de Pearson varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 significa que não há relação linear entre as variáveis, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis.

Os resultados da análise realizada ao grupo de pão s/côdea branco estão representados na (Tab.4), após a sua análise podemos afirmar que existe apenas uma relação a considerar, a relação entre a humidade e o a_w . Esta relação é positiva e forte, representando uma relação linear quase perfeita, em que ambos os parâmetros aumentam ou diminuem em proporção.

Os resultados obtidos para o grupo de pão s/côdea integral estão representados na (Tab.5), após a sua análise podemos afirmar que existe apenas uma relação a considerar, a relação entre a dureza e o a_w . Esta relação é negativa e forte, representando uma relação linear quase perfeita, contudo quando um destes parâmetros aumenta o outro diminui.

Os resultados obtidos para o grupo de pão c/côdea branco estão representados na (Tab.6), após análise podemos afirmar que existem duas correlações a considerar. Uma correlação positiva e moderada entre a humidade e a dureza e uma relação negativa e fraca entre o a_w e a dureza. Desta forma podemos concluir que a humidade e a dureza aumentam ou diminuem da mesma forma, já o a_w e a durezas possuem a relação contrária quando um parâmetro aumenta o outro irá diminuir.

Os resultados obtidos para o grupo de pão c/côdea integral estão representados na (Tab.7), e após a sua análise podemos afirmar que existe apenas uma relação a considerar. Uma relação positiva e fraca entre a humidade e a dureza.

Tabela 4- Correlação entre as características físico-químicas do pão s/côdea branco

Correlações

		dureza_pscb	aW_pscb	Humidade_pscb
dureza_pscb	Correlação de Pearson	1	,230	,372
	Sig. (2 extremidades)		,522	,290
	N	10	10	10
aW_pscb	Correlação de Pearson	,230	1	,856**
	Sig. (2 extremidades)	,522		,002
	N	10	10	10
Humidade_pscb	Correlação de Pearson	,372	,856**	1
	Sig. (2 extremidades)	,290	,002	
	N	10	10	10

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Tabela 5- Correlação entre as características físico-químicas do pão s/côdea integral

Correlações

		dureza_psci	aw_psci	Humidade_psci
dureza_psci	Correlação de Pearson	1	-,752*	,314
	Sig. (2 extremidades)		,012	,376
	N	10	10	10
aw_psci	Correlação de Pearson	-,752*	1	,093
	Sig. (2 extremidades)	,012		,798
	N	10	10	10
Humidade_psci	Correlação de Pearson	,314	,093	1
	Sig. (2 extremidades)	,376	,798	
	N	10	10	10

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Tabela 6- Correlação entre as características físico-químicas do pão c/côdea branco

Correlações

		dureza_pccb	aw_pccb	Humidade_pccb
dureza_pccb	Correlação de Pearson	1	-,428	,503
	Sig. (2 extremidades)		,217	,138
	N	10	10	10
aw_pccb	Correlação de Pearson	-,428	1	,245
	Sig. (2 extremidades)	,217		,496
	N	10	10	10
Humidade_pccb	Correlação de Pearson	,503	,245	1
	Sig. (2 extremidades)	,138	,496	
	N	10	10	10

Tabela 7- Correlação entre as características físico-químicas do pão c/côdea integral

Correlações

		dureza_pcci	aw_pcci	humidade_ppci
dureza_pcci	Correlação de Pearson	1	-,342	,412
	Sig. (2 extremidades)		,334	,236
	N	10	10	10
aw_pcci	Correlação de Pearson	-,342	1	,141
	Sig. (2 extremidades)	,334		,698
	N	10	10	10
humidade_ppci	Correlação de Pearson	,412	,141	1
	Sig. (2 extremidades)	,236	,698	
	N	10	10	10

6. Conclusões

Iniciando o processo na fase fermentativa, os resultados obtidos, permitem-nos concluir que os parâmetros estão dentro do esperado. A melhoria proposta nesta etapa do processo de forma a aumentar a qualidade final do produto seria um aumento da humidade relativa.

Continuando o processo de fabrico até à etapa de cozimento, e analisando os resultados dos perfis térmico traçados verificámos que é necessário proceder a ajustes de tempo e temperatura no forno, será ainda necessário realizar estudos a todos os formatos produzidos, pois denota-se a capacidade de homogeneizar as condições do forno para os diversos formatos, com a exceção do pão pequeno pois este é cozido de forma diferente tendo necessariamente de ter condições de cozimento distintas. Aperfeiçoando e homogeneizando as condições de cozimento os resultados seriam um produto com uma qualidade final melhorada e menos variável e uma redução de custos para a empresa, viabilizando o processo.

A redução do tempo de cozedura era um aspecto que requeria bastante atenção na análise dos resultados, a sua diminuição é essencial para a viabilização do processo, contudo a qualidade do produto não pode ser comprometida. Foi assim concluído que existe viabilidade na redução do tempo de forno, todos os perfis de temperatura obtidos apresentam uma margem entre a terceira etapa de cozimento e a saída do pão do forno bastante avultada, podendo-se afirmar que o tempo de cozedura poderia ser reduzido, contudo para estimar o intervalo de tempo que se poderá reduzir, é necessário traçar perfis para todos os formatos após a alteração do tempo de cozedura de forma a comprovar a viabilidade desta diminuição.

Os resultados dos perfis térmicos traçados permitiram ainda verificar que as temperaturas atingidas no forno são ideais para matar todos os microrganismos patogénicos. Juntando esse fator à garantia que não existem contaminações posteriores até ao embalamento, poderíamos reduzir a quantidade de análises microbiológica, representando uma melhoria económica para a empresa.

Todas as alterações efetuadas em qualquer aspeto processual do fabrico do pão irão requerer um acompanhamento físico-químico do produto final como o apresentado neste trabalho de forma a garantir que as novas adaptações não têm consequências negativas na qualidade do produto final.

A última etapa do processo de fabrico sobre a qual recolhemos dados foi o arrefecimento, os resultados dos dados de temperatura recolhidos estão dentro do previsto, sendo mais uma vez a humidade o aspeto que varia em relação ao expectável. Sendo a melhoria apresentada na fase de fermentação a aplicável nesta situação.

De forma a analisar as repercussões dos parâmetros utilizados durante o processamento na qualidade final do produto, foram recolhidos dados sobre três parâmetros referentes à qualidade físico-química do pão.

Após a análise dos resultados podemos verificar que é necessário que apenas o valor da dureza se encontra fora de especificação, sendo necessário proceder a melhorias na formulação ou nos parâmetros processuais. Como concluímos anteriormente o tempo em que o pão permanece no forno para além do necessário pode ter consequências na sua dureza, aumentando-a, sendo assim esta

comprovada a necessidade de diminuir o tempo de permanência do pão no processo de cozedura.

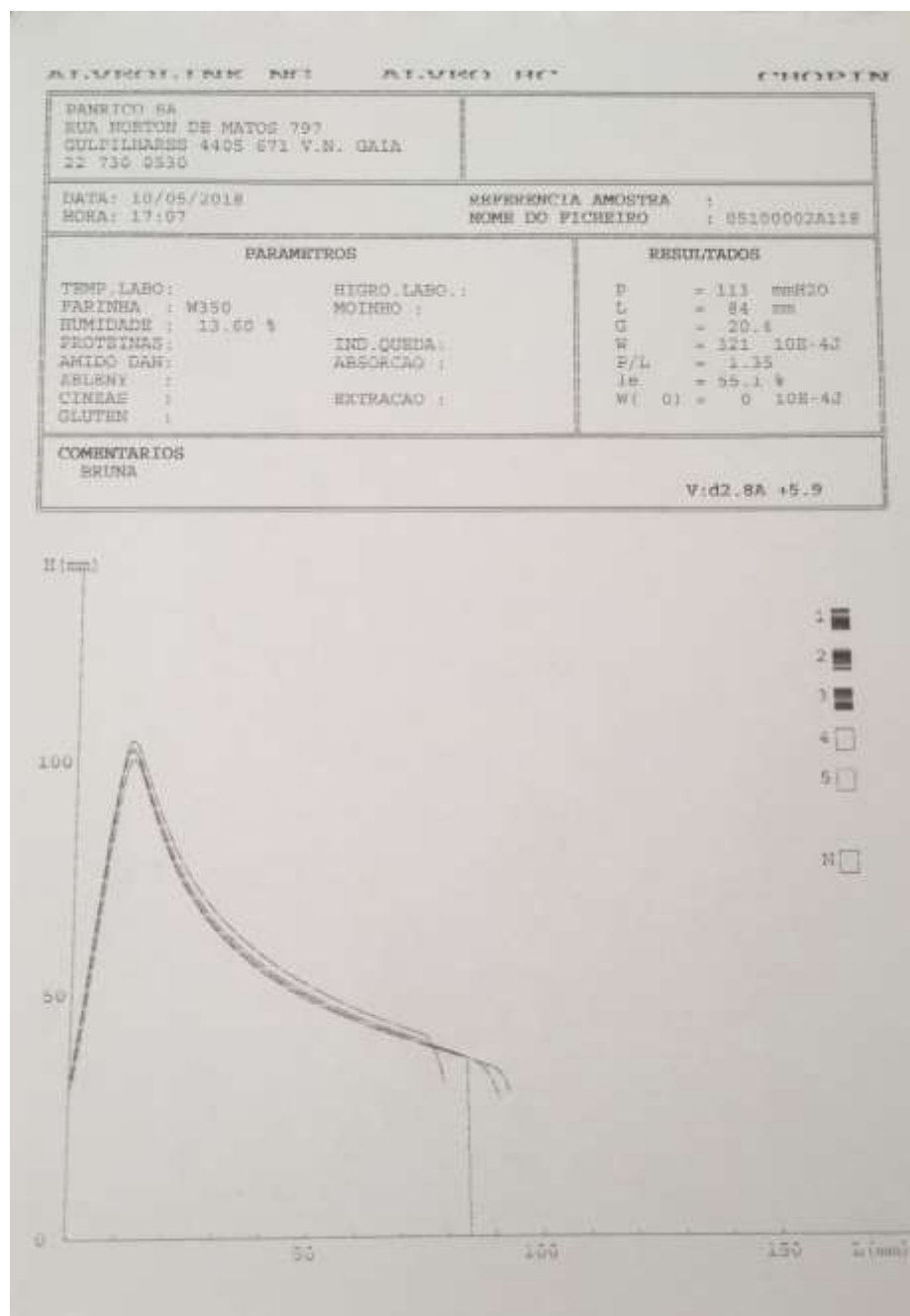
Para além da reformulação e do ajuste de parâmetros de produção poderia ser realizado um estudo sobre a embalagem utilizada e os parâmetros de armazenamento, a sua influência na qualidade do produto especialmente ao longo do seu DDV não deve ser subestimada.

Sendo a embalagem utilizada para o embalamento do pão não estanque, poderia ser interessante analisar materiais diferentes para a sua constituição com vista a diminuir o fenómeno de *stalling*. Um teste sobre o armazenamento em condições de temperatura inferiores às utilizadas atualmente, poderia ser importante, pois uma temperatura inferior diminui a perda de humidade do pão.

A análise estatística permitiu perceber a relação entre os diferentes parâmetros físico-químicos apesar destas relações variarem nos diferentes grupos de formato sendo difícil tirar conclusões generalizadas.


Podemos perceber uma relação positiva entre o a_w e a humidade, uma relação positiva entre a humidade e a dureza e uma relação negativa entre o a_w e a dureza. Ou seja, a humidade está relacionada de forma direta com a dureza e com o a_w , contudo o a_w e a dureza tem uma relação inversa. Um dos resultados referenciados no ponto 3.3 remete para a visível influência da humidade na dureza, sendo esta comprovada pela análise estatística.

Anexos

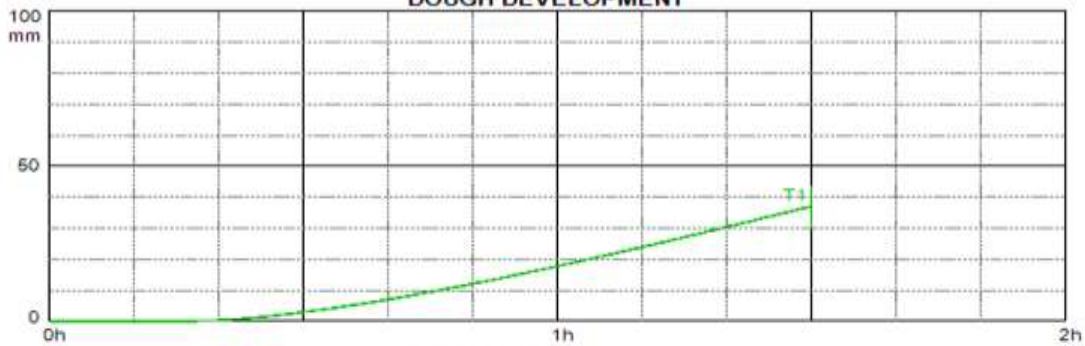


Anexo 1- Exemplo de Alveograma

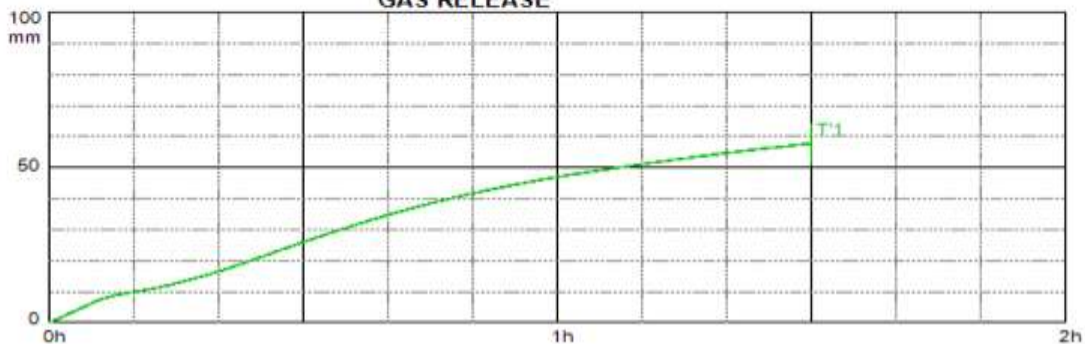
RHEO F4 CHOPIN

CHOPIN Technologies 20 Av. Marcelin Berthelot 92396 Villeneuve-La-Garenne Tel: 01 47 99 50 28 / Fax: 01 47 94 70 74 info@chopin.fr			
Test performed on: 11/04/2018 16:15:03 Comments: LOTE: 1802380424 DR: 11/04/2018 BRUNA MENDES		Protocol: LEVEDURA RÁPIDA Temperature : 28,5 °C Time : 90 mn (1,5 h) Dough weight : 315 g Constraint : 1000 g	
Versions: GestionRheo V1.02 / RF4_CPU V1.00.o / RF4 N°74 / GLP-PC-LABOR2 / CENTRALslima			
Dough development Hm : 37,1 mm h : 37,1 mm (Hm-h)/Hm : 0,0 % T1 : 01:30:00 T2 : --:--:-- T2-T2 : --:--:--		Gas release H'm : 57,7 mm T'1 : 01:30:00 Tx : --:--:-- Total volume: 491 ml Volume of CO2 lost: 0 ml Retention volume: 491 ml Retention coefficient: 100,0 %	

DOUGH DEVELOPMENT



GAS RELEASE



Anexo 2- Exemplo de Reofermentograma

Designação		Pão s/côdea branco A					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	10	0,814	0,045	0,005	0,854	0,838	0,751
	20	0,988	0,118	0,009	1,100	0,929	0,936
	25	0,924	0,064	0,006		0,975	0,873
Dureza	27	0,963	0,100	0,008	1,036	0,989	0,864
0,55	29	1,002	0,136	0,013	1,155	0,986	0,864
Limite	30	0,960	0,128	0,013	1,13	0,885	0,864
	31	0,947	0,098	0,010	1,078	0,9	0,864
	33	1,026	0,142	0,014	1,202	0,975	0,902
	35	0,946	0,074	0,008	1,049	0,868	0,92
	1	0,939	0,004	0,000	0,939	0,94	0,939
	10	0,942	0,001	0,000	0,941	0,944	0,941
	20	0,940	0,003	0,000	0,940	0,94	0,94
	25	0,942	0,004	0,000	0,937	0,949	0,94
Aw	27	0,943	0,002	0,000	0,942	0,946	0,94
< 0,960	29	0,942	0,002	0,000	0,941	0,945	0,94
Limite	30	0,940	0,002	0,000	0,938	0,94	0,94
0,96	31	0,942	0,003	0,000	0,947	0,94	0,94
	33	0,940	0,003	0,000	0,936	0,944	0,94
	35	0,943	0,002	0,000	0,942	0,946	0,94
	1	42,983	0,532	0,059	42,43	43,73	42,79
	10	42,813	0,270	0,030	42,44	43,07	42,93
	20	42,683	0,383	0,043	42,74	42,83	42,48
	25	42,510	0,202	0,022	42,5	42,8	42,23
Humidade	27	42,520	0,197	0,022	42,44	42,83	42,29
<44	29	42,527	0,193	0,021	42,5	42,73	42,35
Limite	30	42,353	0,333	0,037	42,03	42,68	42,35
44	31	42,580	0,217	0,024	42,71	42,68	42,35
	33	42,387	0,506	0,056	42,7	42,61	41,85
	35	42,400	0,285	0,032		42,4	

Anexo 3- Dados físico químicos recolhidos para pão s/côdea branco A

Designação		Pão s/côdea branco B					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,509	0,087	0,029	0,632	0,444	0,45
	10	0,842	0,074	0,025	0,915		0,768
	20	0,882	0,049	0,016	0,950	0,84	0,856
	25	0,956	0,029	0,010	0,989	0,961	0,919
Dureza	27	0,900	0,059	0,020	0,981	0,876	0,842
0,5	29	0,960	0,064	0,021	1,047	0,938	0,895
Limite	30	0,977	0,071	0,024	1,076	0,938	0,916
	31	0,950	0,058	0,019	1,026	0,94	0,885
	33	0,971	0,062	0,021	1,058	0,943	0,913
	35	0,906	0,016	0,005		0,921	0,89
	1	0,947	0,005	0,001	0,94	0,951	0,95
	10	0,945	0,006	0,001	0,939		0,95
	20	0,942	0,001	0,000	0,940	0,943	0,942
	25	0,940	0,002	0,000	0,938	0,943	0,938
Aw	27	0,943	0,001	0,000	0,942	0,944	0,944
< 0,950	29	0,942	0,002	0,000	0,942	0,939	0,944
Limite	30	0,943	0,003	0,000	0,942	0,939	0,947
0,95	31	0,939	0,001	0,000	0,94	0,94	0,937
	33	0,939	0,001	0,000	0,94	0,94	0,937
	35	0,939	0,000	0,000		0,939	0,939
	1	43,737	0,933	0,104	42,80	43,4	45,01
	10	43,100	0,190	0,021	43,29		42,91
	20	42,493	0,200	0,022	42,74	42,49	42,25
	25	42,513	0,589	0,065	42,93	41,68	42,93
Humidade	27	42,453	0,472	0,052	42,85	41,79	42,72
<45	29	42,297	0,447	0,050	42,87	41,78	42,24
Limite	30	42,587	0,805	0,089	43,55	41,58	42,63

Anexo 4- Dados físico-químicos recolhidos para pão s/côdea branco B

Designação		Pão s/códea branco C					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,549	0,066	0,007	0,587	0,457	0,604
	10	0,840	0,071	0,008	0,91	0,769	
	20	0,907	0,033	0,004		0,874	0,939
	25	0,918	0,050	0,006	0,988	0,88	0,886
Dureza	27	0,927	0,060	0,007	1,004	0,859	0,917
0,65 (+/-0,15)	29	0,926	0,045	0,005	0,974	0,865	0,938
Limite	30	0,941	0,038	0,004	0,979	0,903	
	31	0,965	0,044	0,005	0,986	0,903	1,005
	33	0,966	0,069	0,008	1,026	0,869	1,002
	35	1,012	0,096	0,011	1,135	0,902	1
	1	0,939	0,002	0,000	0,939	0,942	0,937
	10	0,945	0,005	0,001	0,94	0,949	
	20	0,941	0,004	0,000		0,945	0,937
	25	0,939	0,007	0,001	0,938	0,947	0,931
Aw	27	0,937	0,003	0,000	0,933	0,939	0,938
< 0,950	29	0,940	0,003	0,000	0,937	0,939	0,944
Limite	30	0,938	0,002	0,000	0,935	0,94	
0,95	31	0,940	0,000	0,000	0,939	0,94	0,94
	33	0,943	0,004	0,000	0,949	0,942	0,939
	35	0,945	0,003	0,000	0,945	0,941	0,949
	1	42,693	0,589	0,065	43,1	43,12	41,86
	10	42,965	0,045	0,005	43,01	42,92	
	20	40,795	1,845	0,205		42,64	38,95
	25	41,490	1,193	0,133	42,62	42,01	39,84
Humidade	27	41,757	1,482	0,165	43,45	41,98	39,84
<45	29	41,267	2,150	0,239	43,47	41,98	38,35
Limite	30	42,375	0,585	0,065	42,96	41,79	
45	31	41,100	1,514	0,168	42,51	41,79	39
	33	41,770	0,991	0,110	43,06	41,6	40,65
	35	41,423	0,878	0,098	42,4	41,6	40,27

Anexo 5- Dados físico-químicos recolhidos para pão s/códea branco C

Designação		Pão s/códea branco D					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,612	0,142	0,016	0,807	0,474	0,556
	10	0,976	0,022	0,002	0,998	0,954	
	20	1,008	0,100	0,011	1,146	0,912	0,965
	25	1,081	0,157	0,017	1,275	0,891	1,076
Dureza	27	1,052	0,046	0,005	1,086	0,986	1,083
0,65 (+/-0,15)	29	1,045	0,065	0,007	1,129	0,972	1,033
Limite	30	1,115	0,075	0,008	1,129	1,017	1,2
	31	1,107	0,075	0,008	1,105	1,017	1,2
	33	1,048	0,115	0,013	1,206	1,003	0,934
	35	1,092	0,080	0,009	1,206	1,03	1,041
	1	0,942	0,003	0,000	0,938	0,945	0,943
	10	0,939	0,002	0,000	0,936	0,941	
	20	0,936	0,004	0,000	0,942	0,933	0,934
	25	0,935	0,003	0,000	0,94	0,932	0,934
Aw	27	0,933	0,002	0,000	0,935	0,93	0,933
< 0,950	29	0,932	0,002	0,000	0,930	0,933	0,934
Limite	30	0,930	0,000	0,000	0,930	0,93	0,931
0,95	31	0,932	0,003	0,000	0,936	0,93	0,931
	33	0,932	0,002	0,000		0,934	0,93
	35	0,930	0,000	0,000	0,93	0,93	0,93
	1	38,727	0,180	0,020	38,5	38,74	38,94
	10	38,845	0,375	0,042	38,47	39,22	
	20	38,650	0,054	0,006	38,72	38,59	38,64
	25	38,367	0,282	0,031	38,23	38,11	38,76
Humidade	27	38,617	0,176	0,020	38,45	38,86	38,54
<45%	29	38,393	0,231	0,026	38,23	38,72	38,23
Limite	30	38,590	0,258	0,029	38,23	38,72	38,82

Anexo 6- Dados físico-químicos recolhidos para pão s/códea branco D

Designação		Pão s/códea branco E					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,639	0,055	0,006	0,716	0,611	0,591
	7	1,113	0,056	0,006	1,169		1,057
	10	1,178	0,061	0,006	1,113	1,260	1,160
	15	1,228	0,032	0,003	1,184	1,256	1,245
Dureza	20	1,322	0,041	0,004	1,289	1,380	1,296
0,5	22	1,315	0,068	0,007	1,239	1,404	1,302
Limite	24	1,273	0,042	0,004	1,229	1,33	1,26
	25	1,276	0,039	0,004	1,239	1,33	1,26
	27	1,413	0,005	0,000	1,411	1,408	1,419
	29	1,335	0,031	0,003	1,304		1,365
	1	0,947	0,009	0,001	0,935	0,956	0,951
	7	0,943	0,002	0,000	0,945	0,942	0,941
	10	0,936	0,002	0,000	0,933	0,939	0,937
	15	0,942	0,012	0,001	0,933	0,958	0,934
Aw	20	0,932	0,002	0,000	0,935	0,930	0,93
< 0,950	22	0,935	0,000	0,000	0,935	0,936	0,935
Limite	24	0,939	0,004	0,000	0,934	0,939	0,943
0,95	25	0,938	0,004	0,000	0,933	0,939	0,943
	27	0,940	0,002	0,000	0,937	0,942	0,941
	29	0,938	0,003	0,000	0,935		0,941
	1	38,700	0,845	0,088	39,89	38,01	38,20
	7	38,430	0,149	0,016	38,22	38,53	38,54
	10	38,687	0,350	0,036	38,54	39,17	38,35
	15	37,967	0,558	0,056	38,15	37,21	38,54
Humidade	20	37,997	0,414	0,043	37,42	38,20	38,37
<45%	22	38,183	0,236	0,024	38,51	37,96	38,08
Limite	24	37,977	0,257	0,027	37,78	37,81	38,34
45	25	38,150	0,241	0,025	38,3	37,81	38,34
	27	38,227	0,116	0,011	38,38	38,1	38,2
	29	38,265	0,065	0,007	38,33		38,2

Anexo 7-Dados físico-químicos recolhidos para pão s/códea branco E

Designação		Pão s/códea integral A					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	
	1	0,615	0,058	0,014	0,672		0,557
	10	0,942	0,077	0,019	1,019		0,865
	20	1,037	0,021	0,005	1,016		1,057
	25	1,128	0,006	0,002	1,134		1,121
Dureza	27	1,097	0,057	0,014	1,154		1,04
0,55	29	1,060	0,022	0,005	1,038		1,081
Limite	30	1,117	0,079	0,020	1,038		1,196
	31	1,196	0,000	0,000			1,196
	33	1,090	0,092	0,023	0,998		1,182
	35	1,187	0,014	0,003			1,173
	1	0,939	0,001	0,000	0,938		0,940
	10	0,944	0,005	0,001	0,939		0,948
	20	0,943	0,005	0,001	0,938		0,947
	25	0,941	0,003	0,001	0,938		0,944
Aw	27	0,940	0,000	0,000	0,94		0,94
< 0,960	29	0,942	0,002	0,001	0,94		0,944
Limite	30	0,941	0,001	0,000	0,94		0,941
0,96	31	0,941	0,000	0,000			0,941
	33	0,945	0,002	0,001	0,947		0,943
	35	0,945	0,003	0,001	0,947		0,942
	1	42,065	0,245	0,061	41,82		42,31
	10	41,835	0,155	0,039	41,99		41,68
	20	42,185	0,505	0,126	41,68		42,69
	25	41,865	0,685	0,171	41,18		42,55
Humidade	27	42,150	0,070	0,018	42,22		42,08
<44	29	41,635	0,225	0,056	41,41		41,86
Limite	30	41,460	0,050	0,013	41,41		41,51
44	31	41,510	0,000	0,000			41,51
	33	41,735	0,065	0,016	41,67		41,8

Anexo 8- Dados físico-químicos recolhidos para pão s/códea integral A

Designação		Pão s/côdea integral B				
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B
	1	0,663	0,029	0,007	0,634	0,631
	10	1,178	0,089	0,022	1,266	1,089
	20	1,359	0,000	0,000	1,359	
	25	1,437	0,078	0,019	1,359	1,514
Dureza	27	1,388	0,071	0,018	1,317	1,458
0,6	29	1,488	0,055	0,014	1,433	1,542
Limite	30	1,505	0,038	0,009	1,467	1,542
	31	1,410	0,062	0,016	1,348	1,472
	33	1,497	0,030	0,007	1,467	1,526
	35	1,420	0,015	0,004	1,434	1,405
	1	0,938	0,000	0,000	0,938	0,938
	10	0,941	0,000	0,000	0,941	0,941
	20	0,940	0,000	0,000	0,94	
	25	0,940	0,001	0,000	0,94	0,939
Aw	27	0,938	0,003	0,001	0,941	0,935
< 0,950	29	0,941	0,001	0,000	0,942	0,94
Limite	30	0,942	0,002	0,001	0,94	0,944
0,95	31	0,942	0,005	0,001	0,937	0,947
	33	0,942	0,004	0,001	0,937	0,946
	35	0,946	0,006	0,001	0,951	0,94
	1	43,495	0,125	0,031	43,62	43,37
	10	44,555	1,445	0,361	43,11	46
	20	44,250	0,000	0,000	44,25	
	25	43,960	0,350	0,088	43,61	44,31
Humidade	27	43,765	0,515	0,129	44,28	43,25
< 45	29	43,855	0,535	0,134	44,39	43,32
Limite	30	43,595	0,275	0,069	43,87	43,32
45	31	43,460	0,020	0,005	43,48	43,44
	33	43,950	0,150	0,038	44,1	43,8
	35	43,665	0,455	0,114	44,12	43,21

Anexo 9- Dados físico-químicos recolhidos para pão s/côdea integral B

Designação		Pão c/côdea branco A					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,502	0,094	0,010	0,558	0,446	0,677
	10	0,741	0,115	0,013	0,788	0,693	0,97
	20	0,799	0,124	0,014	0,912	0,685	0,973
	25	0,862	0,171	0,019	1,026	0,698	1,087
Dureza (+/-0,2)	27	0,826	0,163	0,018	0,988	0,664	1,027
0,5	29	0,745	0,182	0,020	0,897	0,593	1,027
Limite	30	0,761	0,165	0,018	0,897	0,625	1,02
	31	0,733	0,165	0,018		0,733	1,062
	33	0,806	0,160	0,018	0,933	0,679	1,064
	35	0,899	0,167	0,019	0,933	0,679	1,085
	1	0,938	0,006	0,001	0,93	0,945	0,941
	10	0,936	0,003	0,000	0,935	0,936	0,941
	20	0,935	0,006	0,001	0,934	0,935	0,947
	25	0,935	0,000	0,000	0,935	0,935	0,934
Aw	27	0,940	0,001	0,000	0,94	0,94	0,937
< 0,960	29	0,942	0,003	0,000	0,944	0,94	0,937
Limite	30	0,944	0,004	0,000	0,944	0,944	0,936
0,98	31	0,943	0,004	0,000		0,943	0,934
	33	0,940	0,004	0,000	0,937	0,943	0,933
	35	0,939	0,003	0,000	0,935	0,943	0,939
	1	37,810	0,324	0,036	37,43	38,19	37,61
	10	38,045	0,057	0,006	37,99	38,1	37,97
	20	37,645	0,037	0,004	37,69	37,6	37,65
	25	38,050	0,105	0,012	38,15	37,95	37,91
Humidade	27	38,185	0,269	0,030	38,26	38,11	38,74
< 40%	29	38,105	0,299	0,033	38,1	38,11	38,74
Limite	30	38,175	0,301	0,033	38,1	38,25	38,8

Anexo 10- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/côdea branco A

Designação		Pão c/códea branco B					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,500	0,044	0,005	0,507	0,550	0,443
	10	0,691	0,056	0,006	0,746	0,635	
	20	0,739	0,054	0,006	0,806	0,737	0,673
	25	0,953	0,048	0,005	0,968	1,003	0,889
Dureza (+/-0,2)	27	0,825	0,096	0,011	0,938	0,703	0,833
0,5	29	0,793	0,062	0,007	0,855	0,708	0,817
Limite	30	0,773	0,091	0,010	0,855	0,646	0,817
	31	0,804	0,036	0,004	0,851	0,795	0,765
	33	0,795	0,070	0,008	0,851	0,697	0,837
	35	0,905	0,193	0,021	1,17	0,825	0,719
	1	0,937	0,007	0,001	0,929	0,936	0,946
	10	0,948	0,013	0,001	0,961	0,935	
	20	0,938	0,002	0,000	0,937	0,936	0,94
	25	0,930	0,004	0,000	0,928	0,936	0,927
Aw	27	0,937	0,002	0,000	0,934	0,939	0,939
< 0,960	29	0,940	0,002	0,000	0,942	0,941	0,938
Limite	30	0,941	0,002	0,000	0,942	0,943	0,938
0,98	31	0,941	0,005	0,001	0,945	0,943	0,934
	33	0,943	0,002	0,000	0,945	0,942	0,941
	35	0,943	0,001	0,000	0,943	0,942	0,945
	1	37,997	0,366	0,041	37,8	37,68	38,51
	10	37,835	0,795	0,088	37,04	38,63	
	20	38,477	0,588	0,065	37,77	38,45	39,21
	25	38,030	0,960	0,107	37,07		38,99
Humidade	27	38,370	0,208	0,023	38,09	38,43	38,59
<40%	29	38,333	0,532	0,059	37,88	38,04	39,08
Limite	30	38,553	0,501	0,056	37,88	38,7	39,08
40	31	38,570	0,672	0,075	37,82	38,44	39,45
	33	37,460	0,840	0,093	37,82	38,26	36,3
	35	37,913	0,542	0,060	37,39	37,69	38,66

Anexo 11- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea branco B

Designação		Pão c/códea branco C					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,459	0,037	0,004	0,408	0,496	0,472
	10	0,802	0,049	0,005	0,767	0,872	0,767
	20	1,013	0,132	0,015	0,831	1,14	1,069
	25	1,146	0,053	0,006	1,074	1,201	1,162
Dureza	27	1,158	0,134	0,015	0,976	1,296	1,203
0,65	29	1,197	0,110	0,012	1,047	1,308	1,237
Limite	30	1,183	0,198	0,022	1,047	1,464	1,039
	31	1,206	0,189	0,021	1,017	1,464	1,137
	33	1,192	0,180	0,020	1,017	1,439	1,12
	35	1,272	0,140	0,016	1,239	1,457	1,12
	1	0,943	0,009	0,001	0,935	0,956	0,938
	10	0,936	0,006	0,001	0,929	0,944	0,935
	20	0,943	0,018	0,002	0,967	0,925	0,938
	25	0,937	0,008	0,001	0,932	0,948	0,932
Aw	27	0,937	0,006	0,001	0,932	0,945	0,934
< 0,960	29	0,938	0,008	0,001	0,948	0,929	0,938
Limite	30	0,942	0,008	0,001	0,948	0,931	0,946
0,96	31	0,937	0,004	0,000	0,938	0,931	0,941
	33	0,937	0,005	0,001	0,938	0,931	0,942
	35	0,936	0,007	0,001	0,926	0,94	0,942
	1	36,963	0,627	0,070	37,85	36,5	36,54
	10	36,753	0,537	0,060	37,5	36,26	36,50
	20	36,950	0,409	0,045	36,91	37,47	36,47
	25	36,653	0,261	0,029	37,02	36,43	36,51
Humidade	27	36,060	0,976	0,108	36,72	34,68	36,78
<45	29	36,150	0,430	0,048	36,72	36,05	35,68
Limite	30	35,927	0,290	0,032	35,66	35,79	36,33
45	31	35,680	0,083	0,009	35,66	35,79	35,59
	33	35,797	0,166	0,018	35,66	35,7	36,03
	35	36,297	0,495	0,055	36,99	35,87	36,03

Anexo 12- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea branco C

Designação		Pão c/códea branco D					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,582	0,060	0,007	0,666	0,528	0,551
	10	0,965	0,128	0,014	1,128	0,953	0,815
	20	1,133	0,109	0,012	1,280	1,018	1,102
	25	1,243	0,218	0,024	1,433	1,359	0,937
Dureza	27	1,142	0,039	0,004	1,155	1,182	1,089
0,5	29	1,271	0,168	0,019	1,503	1,2	1,11
Limite	30	1,315	0,221	0,025	1,621	1,214	1,11
	31	1,444	0,000	0,000	1,444		
	33	1,266	0,134	0,015	1,442	1,236	1,119
	35	1,236	0,128	0,014	1,061	1,286	1,362
	1	0,931	0,003	0,000	0,927	0,932	0,934
	10	0,941	0,009	0,001	0,931	0,953	0,94
	20	0,935	0,004	0,000	0,941	0,934	0,931
	25	0,936	0,010	0,001	0,949	0,925	0,934
Aw	27	0,938	0,005	0,001	0,935	0,934	0,945
< 0,950	29	0,941	0,007	0,001	0,945	0,947	0,931
Limite	30	0,939	0,007	0,001	0,938	0,947	0,931
0,95	31	0,967	0,000	0,000	0,967		
	33	0,951	0,011	0,001	0,967	0,944	0,942
	35	0,939	0,008	0,001	0,936	0,931	0,951
	1	37,103	0,592	0,066	37,87	37,01	36,43
	10	37,473	0,111	0,012	37,45	37,35	37,62
	20	37,487	0,666	0,074	38,40	37,23	36,83
	25	36,997	0,528	0,059	37,62	36,33	37,04
Humidade	27	37,490	0,321	0,036	37,91	37,43	37,13
<40%	29	37,473	0,178	0,020	37,71	37,43	37,28
Limite	30	37,557	0,377	0,042	38,09	37,3	37,28
40	31	38,420	0,000	0,000	38,42		
	33	37,560	0,632	0,070	38,42	37,34	36,92
	35	38,280	1,287	0,143	40,04	37,8	37

Anexo 13- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea branco D

Designação		Pão c/códea branco E					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,482	0,037	0,004	0,489	0,434	0,523
	10	0,981	0,056	0,006	0,973	0,917	1,054
	20	1,232	0,095	0,011	1,366	1,154	1,175
	25	1,289	0,020	0,002	1,315	1,265	1,288
Dureza	27	1,417	0,016	0,002	1,423	1,395	1,434
0,5	29	1,411	0,113	0,013	1,505	1,252	1,477
Limite	30	1,382	0,131	0,015	1,563	1,327	1,257
	31	1,429	0,072	0,008	1,472	1,327	1,488
	33	1,583	0,350	0,039	2,078	1,325	1,345
	35	1,454	0,129	0,014	1,635	1,383	1,345
	1	0,945	0,011	0,001	0,935	0,96	0,94
	10	0,939	0,005	0,001	0,933	0,944	0,94
	20	0,938	0,002	0,000	0,936	0,94	0,939
	25	0,934	0,000	0,000	0,934	0,934	0,933
Aw	27	0,934	0,003	0,000	0,936	0,937	0,93
< 0,960	29	0,934	0,004	0,000	0,939	0,934	0,93
Limite	30	0,927	0,012	0,001	0,937	0,935	0,91
0,96	31	0,935	0,003	0,000	0,932	0,935	0,939
	33	0,936	0,004	0,000	0,933	0,941	0,934
	35	0,938	0,008	0,001	0,949	0,932	0,934
	1	37,730	1,632	0,181	35,85	39,83	37,51
	10	36,040	0,949	0,105	34,73	36,44	36,95
	20	34,377	3,229	0,359	34,94	38,02	30,17
	25	35,267	0,773	0,086	35,4	36,14	34,26
Humidade	27	35,723	1,178	0,131	34,13	36,1	36,94
<41%	29	36,943	1,607	0,179	35,04	36,82	38,97
Limite	30	35,567	1,178	0,131	33,92	36,17	36,61
41	31	35,023	1,036	0,115	35,24	36,17	33,66
	33	34,917	0,973	0,108	33,54	35,6	35,61
	35	34,190	1,284	0,143	34,46	32,5	35,61

Anexo 14- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea branco E

Designação		Pão c/côdea branco F					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,519	0,229	0,005	0,462	0,58	0,515
	10	0,848	0,377	0,011	0,727	0,969	0,848
	20	1,038	0,463	0,014	1,193	0,886	1,036
	25	1,033	0,453	0,009	0,976	0,974	1,149
Dureza	27	1,220	0,534	0,010	1,324	1,109	1,228
0,453 (± 0,15)	29	1,139	0,515	0,019	1,378	1,046	0,993
Limite	30	1,272	0,566	0,016	1,482	1,168	1,166
	31	1,082	0,473	0,008	1,039	1,025	1,182
	33	1,085	0,474	0,008	0,999	1,074	1,182
	35	1,099	0,518	0,003	1,125	1,072	
	1	0,941	0,408	0,000	0,935	0,945	0,944
	10	0,937	0,406	0,000	0,934	0,942	0,935
	20	0,934	0,404	0,001	0,933	0,927	0,942
	25	0,930	0,403	0,001	0,934	0,935	0,92
Aw	27	0,938	0,406	0,000	0,933	0,944	0,938
< 0,960	29	0,936	0,405	0,000	0,936	0,937	0,936
Limite	30	0,944	0,409	0,001	0,934	0,939	0,958
0,96	31	0,940	0,407	0,000	0,934	0,943	0,942
	33	0,934	0,404	0,001	0,936	0,923	0,942
	35	0,943	0,445	0,000	0,947	0,939	
	1	37,760	0,173	0,019	38	37,68	37,6
	10	38,090	0,300	0,033	37,83	37,93	38,51
	20	39,587	2,976	0,331	37,29	37,68	43,79
	25	36,447	0,972	0,108	35,08	37,26	37
Humidade	27	36,647	0,267	0,030	36,34	36,61	36,99
<42%	29	36,037	1,366	0,152	36,32	34,24	37,55
Limite	30	36,780	0,840	0,093	37,58	35,62	37,14
42	31	37,390	0,258	0,029	37,42	37,06	37,69
	33	37,120	0,625	0,069	37,42	36,25	37,69
	35	35,495	1,785	0,198	37,28	33,71	

Anexo 15- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/côdea branco F

Designação		Pão branco c/côdea G					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,519	0,005	0,001	0,512	0,525	0,52
	10	0,741	0,070	0,008	0,645	0,808	0,771
	20	0,885	0,038	0,004	0,858	0,859	0,939
	25	0,992	0,084	0,009	0,876	1,072	1,027
Dureza	27	0,995	0,036	0,004	1,035	0,947	1,004
0,453 (± 0,15)	29	1,008	0,073	0,008	0,918	1,098	1,007
Limite	30	0,987	0,100	0,011	0,855	1,098	1,009
	31	1,090	0,128	0,014	0,967	1,266	1,036
	33	1,084	0,090	0,010	1,034	1,21	1,007
	35	1,036	0,094	0,010	0,938	1,162	1,008
	1	0,936	0,006	0,001	0,937	0,928	0,942
	10	0,944	0,008	0,001	0,935	0,954	0,943
	20	0,935	0,002	0,000	0,937	0,936	0,932
	25	0,942	0,005	0,001	0,935	0,945	0,947
Aw	27	0,938	0,002	0,000	0,94	0,939	0,936
< 0,960	29	0,937	0,002	0,000	0,94	0,935	0,936
Limite	30	0,937	0,002	0,000	0,936	0,935	0,939
0,96	31	0,937	0,007	0,001	0,931	0,933	0,946
	33	0,929	0,009	0,001	0,937	0,934	0,916
	35	0,938	0,004	0,000	0,942	0,933	0,938
	1	37,92	1,130	0,126	36,32	38,67	38,76
	10	37,83	0,190	0,021	37,99	37,93	37,56
	20	37,55	0,505	0,056	37,88	37,94	36,84
	25	36,82	1,167	0,130	35,23	38	37,23
Humidade	27	37,88	1,359	0,151	39,79	37,08	36,76
<42%	29	37,55	3,257	0,362	41,37	37,86	33,41
Limite	30	37,72	0,191	0,021	37,85	37,86	37,45
42	31	36,77	0,927	0,103	35,53	37,02	37,76
	33	37,23	0,652	0,072	37,93	37,4	36,36
	35	37,27	0,832	0,092	36,16	36,16	37,5

Anexo 16- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/côdea branco G

Designação		Pão c/códea branco H					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,557	0,071	0,008	0,646	0,472	0,552
	10	1,008	0,123	0,014	1,163	1	0,861
	20	1,247	0,121	0,013	1,417	1,179	1,146
	25	1,340	0,222	0,025	1,654	1,195	1,172
Dureza	27	1,400	0,137	0,015	1,583	1,254	1,363
0,5	29	1,369	0,356	0,040	1,808	0,935	1,363
Limite	30	1,416	0,205	0,023	1,705	1,274	1,268
	31	1,477	0,163	0,018	1,702	1,407	1,322
	33	1,506	0,211	0,023	1,802	1,328	1,387
	35	1,479	0,247	0,027	1,82	1,372	1,244
	1	0,938	0,003	0,000	0,934	0,939	0,94
	10	0,942	0,005	0,001	0,937	0,948	0,941
	20	0,937	0,003	0,000	0,938	0,933	0,94
	25	0,938	0,000	0,000	0,938	0,937	0,938
Aw	27	0,939	0,009	0,001	0,933	0,952	0,932
< 0,960	29	0,936	0,004	0,000	0,934	0,942	0,932
Limite	30	0,938	0,004	0,000	0,934	0,943	0,937
0,96	31	0,938	0,002	0,000	0,939	0,94	0,936
	33	0,937	0,005	0,001	0,944	0,935	0,932
	35	0,939	0,000	0,000	0,938	0,939	0,939
	1	35,380	2,393	0,266	36,71	37,41	32,02
	10	37,207	0,520	0,058	37,04	36,67	37,91
	20	36,907	0,096	0,011	37,04	36,82	36,86
	25	37,057	0,275	0,031	37,21	36,67	37,29
Humidade	27	36,877	0,245	0,027	36,79	36,63	37,21
<41%	29	34,917	2,284	0,254	35,74	31,8	37,21
Limite	30	36,527	0,536	0,060	36,22	36,08	37,28
41	31	33,507	2,381	0,265	36,08	34,1	30,34
	33	36,820	0,780	0,087	36,2	36,34	37,92
	35	36,343	0,330	0,037	36,1	36,12	36,81

Anexo 17- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea branco H

Designação		Pão c/códea integral A					
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C
	1	0,532	0,043	0,005	0,5	0,503	0,593
	10	0,937	0,078	0,009	0,889	0,876	1,047
	20	1,174	0,087	0,010	1,129	1,097	1,296
	25	1,123	0,093	0,010	1,056	1,058	1,254
Dureza	27	1,151	0,067	0,007	1,106	1,102	1,246
0,453 (± 0,15)	29	1,220	0,089	0,010	1,265	1,096	1,3
Limite	30	1,315	0,095	0,011	1,352	1,185	1,408
	31	1,251	0,057	0,006	1,323	1,185	1,244
	33	1,294	0,084	0,009	1,243	1,227	1,412
	35	1,271	0,042	0,005	1,327	1,227	1,258
	1	0,934	0,004	0,000	0,934	0,929	0,939
	10	0,934	0,001	0,000	0,933	0,935	0,935
	20	0,931	0,006	0,001	0,924	0,931	0,938
	25	0,937	0,004	0,000	0,931	0,941	0,938
Aw	27	0,931	0,002	0,000	0,931	0,933	0,928
< 0,960	29	0,936	0,007	0,001	0,931	0,946	0,93
Limite	30	0,934	0,003	0,000	0,939	0,931	0,933
0,96	31	0,932	0,001	0,000	0,933	0,931	0,931
	33	0,942	0,013	0,001	0,956	0,944	0,925
	35	0,940	0,003	0,000	0,94	0,944	0,936
	1	35,740	0,489	0,054	35,62	36,39	35,21
	10	36,613	0,499	0,055	36,8	37,11	35,93
	20	35,280	0,502	0,056	35,53	35,73	34,58
	25	36,017	0,190	0,021	36,18	35,75	36,12
Humidade	27	35,840	0,291	0,032	36,08	35,43	36,01
<42%	29	35,793	0,295	0,033	35,87	36,11	35,4
Limite	30	36,220	0,473	0,053	36,34	36,73	35,59
42	31	36,443	0,241	0,027	36,46	36,73	36,14
	33	35,273	0,385	0,043	34,73	35,58	35,51
	35	36,130	0,430	0,048	36,18	35,58	36,63

Anexo 18- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea integral A

Designação		Pão c/códea integral B						
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C	
	1	0,744	0,251	0,028	0,736	1,056	0,441	
	10	1,283	0,290	0,032	1,282	1,639	0,928	
	20	1,523	0,738	0,082	0,785	2,26		
	25	1,782	0,400	0,044	1,718	2,3	1,327	
Dureza (+/-0,2)	27	1,780	0,585	0,065	1,647	2,554	1,14	
0,5	29	1,723	0,353	0,039	1,859	2,071	1,24	
Limite	30	1,930	0,528	0,059	1,926	2,579	1,286	
	31	1,778	0,341	0,038	1,958	2,076	1,3	
	33	1,841	0,402	0,045	1,958	2,264	1,3	
	35	1,958	0,617	0,069	1,942	2,721	1,21	
	1	0,941	0,012	0,001	0,958	0,930	0,935	
	10	0,944	0,005	0,001	0,95	0,937	0,945	
	20	0,937	0,006	0,001	0,928	0,941	0,942	
	25	0,943	0,003	0,000	0,946	0,94		
Aw	27	0,941	0,002	0,000	0,944	0,939	0,941	
< 0,960	29	0,940	0,001	0,000	0,939	0,942	0,939	
Limite	30	0,939	0,002	0,000	0,936	0,94	0,941	
0,98	31	0,946	0,003	0,000	0,944	0,951	0,944	
	33	0,944	0,000	0,000	0,944	0,943	0,944	
	35	0,944	0,003	0,000	0,94	0,945	0,946	
	1	36,327	0,167	0,019	36,56	36,18	36,24	
	10	36,490	0,616	0,068	35,73	37,24	36,5	
	20	36,507	0,595	0,066	36,59	37,19	36,74	
	25	36,615	0,385	0,043	36,23	37		
Humidade	27	36,277	0,316	0,035	36,5	36,5	35,83	
<40%	29	36,037	0,580	0,064	35,25	36,63	36,23	
Limite	30	35,867	0,809	0,090	36,64	36,21	34,75	
40	31	35,847	0,326	0,036	35,42	36,21	35,91	
	33	35,923	0,417	0,046	35,42	36,44	35,91	
	35	35,670	0,529	0,059	35,52	35,11	36,38	

Anexo 19- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea integral B

Designação		Pão c/códea integral C						
	DDV	Média (3 lotes)	Desvio padrão	Erro do desvio padrão	Lote A	Lote B	Lote C	
	1	0,667	0,070	0,008	0,581	0,668	0,753	
	10	1,081	0,199	0,022	1,12	1,302	0,82	
	20	1,465	0,235	0,026	1,412	1,207	1,775	
	25	1,634	0,043	0,005	1,678	1,576	1,647	
Dureza	27	1,596	0,192	0,021	1,511	1,416	1,862	
0,55	29	1,456	0,113	0,013	1,409	1,347	1,612	
Limite	30	1,456	0,113	0,013	1,409	1,347	1,612	
	31	1,588	0,196	0,022	1,326	1,799	1,639	
	33	1,737	0,162	0,018	1,607	1,965	1,639	
	35	1,660	0,114	0,013	1,722	1,757	1,5	
	1	0,939	0,005	0,001	0,933	0,94	0,944	
	10	0,949	0,009	0,001	0,961	0,943	0,942	
	20	0,936	0,003	0,000	0,933	0,935	0,941	
	25	0,935	0,002	0,000	0,934	0,938	0,934	
Aw	27	0,935	0,002	0,000	0,936	0,932	0,938	
< 0,960	29	0,941	0,004	0,000	0,946	0,938	0,939	
Limite	30	0,941	0,004	0,000	0,946	0,938	0,939	
0,96	31	0,937	0,007	0,001	0,941	0,944	0,927	
	33	0,937	0,008	0,001	0,946	0,939	0,927	
	35	0,937	0,003	0,000	0,935	0,941	0,936	
	1	38,543	0,570	0,063	39,17	38,67	37,79	
	10	38,663	0,437	0,049	38,54	39,25	38,2	
	20	38,197	0,580	0,064	37,5	38,17	38,92	
	25	38,977	0,486	0,054	38,37	39,56	39	
Humidade	27	38,160	0,483	0,054	37,71	37,94	38,83	
<42%	29	38,757	0,694	0,077	37,83	38,94	39,5	
Limite	30	38,757	0,694	0,077	37,83	38,94	39,5	
42	31	38,057	0,919	0,102	36,81	39	38,36	
	33	37,890	0,436	0,048	37,31	38	38,36	
	35	36,953	2,316	0,257	37,91	39,01	33,64	

Anexo 18- Dados físico-químicos recolhidos para pão c/códea integral C

Dureza	DDV	Média Todos os pães	Desvio padrão	Erro do desvio padrão
Pão Sem Côtdea Brancos	1	1,025	0,031	0,001
	10	1,035	0,019	0,001
	20	1,062	0,032	0,001
	25	1,022	0,047	0,002
	27	1,043	0,021	0,001
	29	1,075	0,031	0,001
	30	1,065	0,032	0,001
	31	0,942	0,022	0,001
	33	0,942	0,047	0,002
	35	0,938	0,031	0,001
Pão Sem Côtdea Integrais	1	1,282	0,015	0,004
	10	1,252	0,006	0,001
	20	1,274	0,010	0,003
	25	1,311	0,036	0,009
	27	1,303	0,007	0,002
	29	1,293	0,017	0,004
	30	1,228	0,021	0,005
	31	0,939	0,031	0,008
	33	0,947	0,031	0,008
	35	0,948	0,001	0,000
Pão Com Côtdea Brancos	1	1,107	0,064	0,001
	10	1,123	0,101	0,002
	20	1,117	0,125	0,002
	25	1,136	0,133	0,002
	27	1,158	0,156	0,002
	29	1,164	0,148	0,002
	30	1,172	0,142	0,002
	31	0,939	0,136	0,002
	33	0,940	0,129	0,002
	35	0,937	0,127	0,002
Pão Com Côtdea Integrais	1	1,513	0,092	0,010
	10	1,509	0,087	0,011
	20	1,467	0,278	0,035
	25	1,567	0,158	0,017
	27	1,539	0,221	0,027
	29	1,624	0,119	0,014
	30	1,629	0,200	0,023
	31	0,938	0,116	0,015
	33	0,942	0,136	0,017
	35	0,935	0,256	0,029

Anexo 19- Dados dureza recolhidos para cada grupo de formatos

Humidade	DDV	Média de todos os pães	Desvio Padrão	Erro do desvio padrão
Pão Sem Còdea Brancos	1	41,606	0,177	0,011
	10	41,189	0,093	0,004
	20	40,632	0,736	0,026
	25	40,606	0,408	0,014
	27	40,553	0,553	0,019
	29	40,599	0,869	0,030
	30	40,737	0,193	0,009
	31	40,417	0,534	0,020
	33	40,463	0,272	0,016
	35	40,371	0,243	0,012
	Pão Sem Còdea Integrais	1	43,495	0,060
10		44,555	0,645	0,161
20		44,250	0,253	0,063
25		43,960	0,167	0,042
27		43,765	0,223	0,056
29		43,855	0,155	0,039
30		43,595	0,112	0,028
31		43,460	0,010	0,002
33		43,950	0,043	0,011
35		43,665	0,195	0,049
Pão Com Còdea Brancos	1	37,333	0,7187	0,011
	10	37,409	0,3036	0,005
	20	37,373	1,1971	0,019
	25	36,915	0,3680	0,006
	27	37,154	0,4514	0,007
	29	36,938	1,0295	0,016
	30	37,101	0,3093	0,005
	31	36,693	0,7300	0,011
	33	36,869	0,2276	0,004
	35	36,780	0,4902	0,008
Pão Com Còdea Integrais	1	36,870	0,1743	0,019
	10	37,256	0,074	0,005
	20	36,661	0,041	0,004
	25	37,203	0,123	0,017
	27	36,759	0,085	0,014
	29	36,862	0,168	0,015
	30	36,948	0,139	0,016
	31	36,782	0,302	0,016
	33	36,362	0,021	0,009
	35	36,218	0,867	0,007

Anexo 20- Dados humidade recolhidos para cada grupo de formatos

AW	DDV	Média de todos os pães	Desvio padrão	Erro do desvio padrão
Pão Sem Côdea Branco	1	0,942	0,002	0,000
	10	0,942	0,002	0,000
	20	0,940	0,001	0,000
	25	0,939	0,003	0,000
	27	0,939	0,001	0,000
	29	0,939	0,001	0,000
	30	0,938	0,001	0,000
	31	0,938	0,001	0,000
	33	0,939	0,001	0,000
	35	0,939	0,001	0,000
Pão Sem Côdea Integrais	1	0,939	0,001	0,000
	10	0,942	0,002	0,001
	20	0,941	0,002	0,001
	25	0,940	0,001	0,000
	27	0,939	0,001	0,000
	29	0,942	0,001	0,000
	30	0,941	0,001	0,000
	31	0,942	0,002	0,001
	33	0,943	0,001	0,000
	35	0,945	0,002	0,000
Pão Com Côdea Branco	1	0,939	0,133	0,002
	10	0,940	0,132	0,002
	20	0,937	0,132	0,002
	25	0,935	0,132	0,002
	27	0,938	0,133	0,002
	29	0,938	0,133	0,002
	30	0,939	0,133	0,002
	31	0,942	0,133	0,002
	33	0,938	0,132	0,002
	35	0,939	0,146	0,002
Pão Com Côdea Integrais	1	0,938	0,004	0,000
	10	0,942	0,003	0,000
	20	0,935	0,001	0,000
	25	0,938	0,001	0,000
	27	0,936	0,000	0,000
	29	0,939	0,002	0,000
	30	0,938	0,001	0,000
	31	0,938	0,003	0,000
	33	0,941	0,005	0,001
	35	0,940	0,000	0,000

Anexo 21- Dados atividade da água recolhidos para cada grupo de formatos

Bibliografia

- Ali, A. et al., 2012. Yeast, its types and role in fermentation during bread making process-A Review. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(3s), pp.171–179.
- Barber, B. et al., 1992. Storage of packaged white bread - III. Effects of sour dough and addition of acids on bread characteristics. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 194(5), pp.442–449.
- Bermejo, S. et al., 2013. Óleos Alimentares Usados: Caracterização Físico-Química Para Seleção De Indicadores De Degradação De Qualidade E De Melhores Práticas Laboratoriais Disponíveis. *Revista da Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém*, 2, pp.256–271. Available at: <http://www.cedet.com.br/index.php?/Tutoriais/Gestao-da-Qualidade/indicadores-de-desempenho-organizacional.html>.
- Birch, A.N., Petersen, M.A. & Hansen, Å.S., 2013. The aroma profile of wheat bread crumb influenced by yeast concentration and fermentation temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), pp.480–488.
- Van Der Borght, A. et al., 2005. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: Overview of the main processes and the factors involved. *Journal of Cereal Science*, 41(3), pp.221–237.
- Bosmans, G.M. et al., 2014. Storage of parbaked bread affects shelf life of fully baked end product: A1H NMR study. *Food Chemistry*, 165, pp.149–156. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.056>.
- Capuano, E. et al., 2008. Characterization of the Maillard reaction in bread crisps. *European Food Research and Technology*, 228(2), pp.311–319.
- Chen, L. & Opara, U.L., 2013. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods - A review. *Journal of Food Engineering*, 119(3), pp.497–507. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.028>.
- Decagon, 2006. Fundamentals of water activity. *Food Physics*, pp.1–8. Available at: www.decagon.com/aqualab.
- Decock, P. & Cappelle, S., 2005. Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1-3), pp.113–120.
- Dewettinck, K. et al., 2008. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48(2), pp.243–257.
- Edith, I.N. & Ochubiojo, E.M., 2012. Food Quality Control : History , Present and Future. *Scientific, Health and Social Aspects of the Food Industry*, pp.421–437.
- Galić, K., Ćurić, D. & Gabrić, D., 2009. Shelf life of packaged bakery goods- A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(5), pp.405–426.
- Gámbaro, A. et al., 2002. Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements.

Journal of Texture Studies, 33(5), pp.401–413.

- Gao, J. et al., 2017. Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 1: Gluten network formation. *Journal of Cereal Science*, 74, pp.288–295.
- Gerits, L.R., Pareyt, B. & Delcour, J.A., 2014. A lipase based approach for studying the role of wheat lipids in bread making. *Food Chemistry*, 156, pp.190–196. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.107>.
- Giménez, A., Ares, F. & Ares, G., 2012. Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), pp.311–325. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.008>.
- Goesaert, H. et al., 2005. Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1-3), pp.12–30.
- Gray, J.A. & Bemiller, J.N., 2003. Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(1), pp.1–21.
- Hough, G. & Garitta, L., 2012. Methodology for sensory shelf-life estimation: A review. *Journal of Sensory Studies*, 27(3), pp.137–147.
- Instituto Português da Qualidade, 2015. Norma Portuguesa NP EN ISO 9000:2015 - Sistemas de gestão da qualidade: fundamentos e vocabulário (ISO 9000:2015).
- Jekle, M., Mühlberger, K. & Becker, T., 2016. Starch-gluten interactions during gelatinization and its functionality in dough like model systems. *Food Hydrocolloids*, 54, pp.196–201. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.10.005>.
- Khatkar, B.S. et al., 2002. Functional properties of wheat gliadins. I. Effects on mixing characteristics and bread making quality. *Journal of Cereal Science*, 35(3), pp.299–306.
- Ktenioudaki, A. & Gallagher, E., 2012. Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science and Technology*, 28(1), pp.4–14. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.004>.
- Lambert, J.L. et al., 2009. The attitudes of European consumers toward innovation in bread; interest of the consumers toward selected quality attributes. *Journal of Sensory Studies*, 24(2), pp.204–219.
- Lewandowski, C.M., Co-investigator, N. & Lewandowski, C.M., 2015. *Flour and Bread*,
- Li, F. De et al., 2004. Determination of starch gelatinization temperature by ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, 62(2), pp.113–120.
- Marcotte, M., 2007. Heat and mass transfer during baking. *Heat Transfer in Food Processing*, pp.239–265. Available at: <http://library.witpress.com/viewpaper.asp?pcode=9781853129322-008-1>.
- Matignon, A. & Tecante, A., 2017. Starch retrogradation: From starch components to cereal products. *Food Hydrocolloids*, 68, pp.43–52.
- Miller, R.A. & Hosney, R.C., 2008. Role of salt in baking. *Cereal Foods World*, 53(1), pp.4–6.

- Newberry, M.P. et al., 2002. Dynamic and elongation rheology of yeasted bread doughs. *Cereal Chemistry*, 79(6), pp.874–879.
- Van Nieuwenhuijzen, N.H. et al., 2008. Water content or water activity: What rules crispy behavior in bread crust? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), pp.6432–6438.
- Pareyt, B. et al., 2011. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54(3), pp.266–279. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2011.08.011>.
- Patel, B.K., Waniska, R.D. & Seetharaman, K., 2005. Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in breadcrumb. *Journal of Cereal Science*, 42(2), pp.173–184.
- Primo-Martín, C. et al., 2010. Bread crispness and morphology can be controlled by proving conditions. *Food Research International*, 43(1), pp.207–217. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.030>.
- Purlis, E. & Salvadori, V.O., 2009. Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42(7), pp.865–870. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.007>.
- Randez-Gil, F., Sanz, P. & Prieto, J.A., 1999. Engineering baker's yeast: Room for improvement. *Trends in Biotechnology*, 17(6), pp.237–244.
- Roudaut, G., Dacremont, C. & Le Meste, M., 1998. Influence of water on the crispness of cereal-based foods: Acoustic, mechanical, and sensory studies. *Journal of Texture Studies*, 29(2), pp.199–213.
- Sablani et al., 1998. Modeling of simultaneous heat and water transport in the baking process. *Food science Technology*, 31, pp.201–209.
- Sablani, S.S., Kasapis, S. & Rahman, M.S., 2007. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. *Journal of Food Engineering*, 78(1), pp.266–271.
- Salvador, A., Sanz, T. & Fiszman, S.M., 2006. Dynamic rheological characteristics of wheat flour-water doughs. Effect of adding NaCl, sucrose and yeast. *Food Hydrocolloids*, 20(6), pp.780–786.
- Scanlon, M.G. & Zghal, M.C., 2001. Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, 34(10), pp.841–864.
- Shehzad, A. et al., 2010. Porosity and stability of bread dough during proofing determined by video image analysis for different compositions and mixing conditions. *Food Research International*, 43(8), pp.1999–2005. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.019>.
- Shimiya, Y. & Nakamura, K., 1997. Changes in size of gas cells in dough and bread during breadmaking and calculation of critical size of gas cells that expand. *Journal of Texture Studies*, 28(3), pp.273–288.
- Slade, L., Levine, H. & Reid, D.S., 1991. Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 30(2-3), pp.115–360. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399109527543>.
- Stanley P. Cauvain and Linda S. Young, *Technology of Breadmaking*,
- Therdthai, N. & Zhou, W., 2003. Recent Advances in the Studies of Bread Baking Process and Their Impacts

- on the Bread Baking Technology. *Food Science and Technology Research*, 9(3), pp.219–226.
- Therdthai, N., Zhou, W. & Adamczak, T., 2002. Optimisation of the temperature profile in bread baking. *Journal of Food Engineering*, 55(1), pp.41–48.
- Torbica, A., Hadnadev, M. & Dapčević, T., 2010. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24(6-7), pp.626–632.
- Trinh, L. et al., 2015. Effect of sugar on bread dough aeration during mixing. *Journal of Food Engineering*, 150, pp.9–18. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.020>.
- Veraverbeke, W.S., Delcour, J.A. & Bekes, F., 2002. Critical Reviews in Food Science and Nutrition Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(3), pp.179–208. Available at: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=bfsn20>
<http://dx.doi.org/10.1080/10408690290825510>.
- Verdú, S. et al., 2015. Relationship between fermentation behavior, measured with a 3D vision Structured Light technique, and the internal structure of bread. *Journal of Food Engineering*, 146, pp.227–233.
- Wang, X., Choi, S.G. & Kerr, W.L., 2004. Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content. *LWT - Food Science and Technology*, 37(3), pp.377–384.
- Jornal Oficial da União Europeia, 2011. Regulamento (UE) N°1129/2011. *Jornal Oficial da União Europeia*, (6), p.25.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J. & Schmidt, Š., 2009. Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1), pp.46–61.
- Ravi, R., Sai Manohar, R. & Haridas Rao, P., 2000. Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. *European Food Research and Technology*, 210(3), pp.202–208.
- Society, K.M.E., Women, G.M.M. & Thane, D., 2018. Preservatives used for control of fungal spoilage of bread. , (48951).
- Stanley P. Cauvain and Linda S. Young, 1995. *Technology of Breadmaking*