

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior Agrária de Viseu

Daniela Filipa Cardoso Pereira

ESTUDO COMPARATIVO DE BOLACHA MARIA DE DIFERENTES MARCAS

Dissertação

Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar

Trabalho efectuado sob orientação de
Professora Doutora Raquel Guiné

Trabalho co-orientado por
Professora Doutora Paula Correia



Setembro de 2012

As doutrinas expressas neste trabalho são da exclusiva responsabilidade do autor.

Aos que sempre acreditaram e acima de tudo confiaram em mim,

DEDICO

A minha mãe Georgina, ao meu pai António e aos meus irmãos Sandra, Marco e cunhado Alexandre, e ao meu pequenino Santiago pelo amor, apoio, compreensão e carinho, que me fizeram ter coragem para sempre prosseguir;

Ao Sérgio, porque sempre me conseguiu fazer acreditar, acreditando mais do que eu, mostrando-me todos os dias que as capacidades não têm limites;

Às Professoras Doutora Raquel Guiné e Doutora Paula Correia, pela amizade, ensinamentos e excelente orientação em todos os momentos;

A minha família, pela ajuda e constante apoio à minha realização profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar as minhas escolhas, guiar os meus passos e acima de tudo pelos obstáculos vencidos e conquistas alcançadas, não permitindo em momento algum que desistisse mesmo quando todas as forças assim o quisessem.

Ao meu pai e à minha mãe, António e Georgina, pela vida, educação e formação académica e profissional, que permitiram que através da sua luta e sacrifícios diários eu chegasse a este patamar, confiante de que fiz tudo o que estava ao meu alcance, com a convicção de que um dia serei eu por eles.

Aos meus irmãos e cunhado, Sandra, Marco e Alexandre, que me moveram nesta oportunidade, e que seguraram a minha coragem e vontade de mover, quando os pés não conseguiam dar um passo.

Ao Santiago, que tanta atenção capta da “maíinha”, com quem tanto tenho aprendido sobre dar valor à vida, dar valor às pequenas coisas como um sorriso num momento triste, um beijo quando menos se espera, um abraço quando se está distraído, o primeiro bater de palmas, as primeiras palavras, e os primeiros passos.

Ao Sérgio que entrou no momento certo no meu caminho, e que durante tanto tempo suportou a minha dedicação a este projecto de vida. A ele que tantas vezes me ajudou, me ouviu, me viu chorar, a ele que simplesmente estava ali sem nada dizer, mesmo quando não podia ajudar, sendo apenas companheiro e amigo. São este carinho e dedicação que fazem dele a pessoa especial que é.

Aos membros da minha família que não viram neste investimento uma perda de tempo, mas que apoiaram esta etapa acreditando sempre que a formação é uma forma de conhecimento e de vida.

Às amigas, Tatiana e Susana que estando na mesma situação foram as maiores incentivadoras nesta jornada, pelo apoio e estímulo constante. Queremos acreditar que todos os nossos esforços serão compensados, e se não forem teremos a certeza de que esta amizade teve o seu momento de prova, que foi superada.

Aos amigos distantes, que mesmo longe sempre torceram por mim.

À Escola Superior Agrária de Viseu, especialmente ao Departamento de Industrias Alimentares, pela oportunidade de realizar o Mestrado.

Às Professoras Dr.^a Raquel Guiné e Prof. Dr.^a Paula Correia, pela colaboração, ajuda, paciência, amizade, e por todos os conhecimentos transmitidos durante a execução deste trabalho.

A todas as pessoas que não foram mencionadas e que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Dada a importância que a bolacha Maria tem tido, principalmente na alimentação infantil e dos idosos, e não existindo nenhum estudo de base técnico-científica que estabeleça quais as suas principais características, torna-se importante identificar os elementos diferenciadores das diferentes marcas existentes no mercado, nomeadamente os relacionadas com as características químicas, físicas e sensoriais.

Na presente dissertação pretendeu-se estudar comparativamente oito marcas de bolachas do tipo Maria, 4 amostras de marca branca, 3 amostras de marca do produtor/própria e uma de origem espanhola. Foram realizadas análises físico-químicas das bolachas relativamente aos teores de Humidade, Cinza, Proteína, Gordura, Fibra e Hidratos de Carbono, bem como as suas dimensões (volume e densidade), textura, cor, actividade da água e isotérmicas de sorção. As amostras de bolachas Maria foram submetidas ainda a uma avaliação sensorial.

De forma a permitir uma melhor discussão e análise dos resultados obtidos, aos mesmos foi aplicada a análise estatística de Pearson (r) e análise multivariada, a Análise de Componentes Principais (ACP) e a Análise de Cluster (AC).

Relativamente à análise elementar, as amostras de bolachas apresentaram-se muito semelhantes nos conteúdos em cinza, à excepção da amostra H a qual registou um valor de 1,69 %. No teor de proteína há uma grande semelhança nos valores das amostras C e D do tipo de marca branca e G de marca do produtor. O teor de fibra da amostra G registou o valor mais elevado com o valor de 0,85%. Foi possível verificar que os teores de humidade e de gordura variam de amostras para amostra de acordo possivelmente com a formulação inicial de cada uma e das condições tecnológicas. O conteúdo em hidratos de carbono oscila num intervalo de valores muito próximos sendo possível verificar semelhanças entre as amostras.

Na caracterização física, quer em termos de dureza quer em termos de cor, as amostras não apresentam diferenças significativas, entre si. Para o estudo das isotérmicas foi possível constatar que a estabilidade das amostras aumenta com o aumento da temperatura, com a excepção da amostra K a 40 °C.

A amostra C, de marca branca, foi a que se destacou como sendo a de tonalidade mais escura em contraste com as amostras A e G (marca branca e marca do produtor) e as amostras B e H (marca branca e marca do produtor), facto corroborado também pela análise sensorial.

A amostra C de marca branca foi também a que na generalidade dos testes sensoriais reuniu a preferência dos provadores.

Da análise do dendograma verificou-se que a amostra A é nitidamente diferente das restantes amostras.

PALAVRAS-CHAVE: Bolachas Maria, Caracterização Físico-Química, Isotérmicas de Sorção, Textura, Cor, Análise Sensorial.

ABSTRACT

Given the importance that the wafer Maria has had, primarily for children and the elderly, and the absence of any study of technical-scientific basis setting out their main features, it becomes important to identify the differentiating elements of different brands on the market, in particular related to the chemical, physical and sensory characteristics.

The aim of this work is to study and compare eight different brands of biscuits of type "Maria". The elemental analysis was based on standard procedures of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2000), consisting in obtaining the moisture, ash, protein, fat, fiber and carbohydrates contents.

The physical characterization consisted of product size (volume and density), texture, color and sorption isotherms.

The samples were subjected to a taste panel to assess the sensory characteristics of this type of product.

To enable better analysis were applied on the results the statistical analysis of Pearson (r), multivariate analysis by Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA).

Regarding elemental analysis, the samples were very similar in the ash content, except in the sample H which registered a value of 1.69 %. Regarding the protein level, there is a great similarity of values in samples C and D as well as G. The sample G showed the highest value of the fiber content with the value of 0.85%. It was possible to verify that the moisture and fat content varies from sample to sample in accordance possibly with the initial formulation of each one and technological conditions. The carbohydrate content varies within a close range of values being possible to identify similarities between the samples.

With respect to the physical characterization, both in terms of hardness and color, the samples do not differ significantly, being similar to each other. By analyzing the isotherms it was found that the stability of the samples increases with increasing temperature, with the exception of the sample K at 40 ° C.

For the color parameter luminosity sample C has been highlighted as being darker in contrast with samples A and G and also samples B and H.

In terms of sensory evaluation, the sample C was the one that in most sensory tests gathered the preference of the panelists.

The dendrogram analysis shows that the sample A is much different from the other samples.

KEYWORDS: “Maria” Biscuits, Physical-chemical characterization, Sorption isotherms, Texture, Color, Sensory analysis..

ÍNDICE GERAL

ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GERAL	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIV
1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. PRODUTOS DE PADARIA	5
2.1.1. Caracterização geral de bolachas doces, biscoitos e bolachas salgadas	5
2.1.2. História da origem das bolachas do tipo Maria	6
2.1.3. Formulação base das bolachas	7
2.2. TEXTURA.....	9
2.2.1. Importância da textura nas bolachas.....	10
2.2.2. Medição instrumental da textura	10
2.2.3. Texturómetro.....	11
2.3. COR.....	14
2.3.1. Medição instrumental da cor	14
2.3.2. Sistemas de cor	15
2.4. ACTIVIDADE DA ÁGUA E ISOTÉRMICAS DE SORÇÃO	17
2.4.1. Formas de retenção de humidade no alimento	20
2.4.2. Modelos teóricos para descrever as isotérmicas	21
2.5. ANÁLISE SENSORIAL.....	23
2.5.1. Os Sentidos Humanos	24
2.5.2. Métodos de Análise Sensorial	27
2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
2.6.1. Coeficiente de correlação de Pearson (r).....	29
2.6.2. Análise multivariada.....	30
2.6.3. Delineamento experimental.....	31
3. PARTE EXPERIMENTAL	33
3.1. MATERIAIS	33
3.2. DIMENSÕES	33
3.3. COR.....	34
3.4. ANÁLISE ELEMENTAR.....	34
3.5. ACTIVIDADE DA ÁGUA E ISOTÉRMICAS DE SORÇÃO	38

3.6.	TEXTURA.....	38
3.7.	ANÁLISE SENSORIAL.....	38
3.8.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	42
4.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	44
4.1.	DIMENSÕES	44
4.2.	COR.....	46
4.3.	ANÁLISE ELEMENTAR.....	51
4.4.	ACTIVIDADE DA ÁGUA E ISOTÉRMICAS DE SORÇÃO	54
4.5.	TEXTURA.....	60
4.6.	ANÁLISE SENSORIAL.....	64
4.6.1.	Intensidade da cor, sabor e aroma	64
4.6.2.	Testes Olfactivos	67
4.6.3.	Testes de Textura	69
4.6.4.	Teste de Paladar.....	70
4.6.5.	Apreciação Global	73
4.7.	ANÁLISE MULTIVARIADA DOS RESULTADOS	75
5.	CONCLUSÕES	80
6.	BIBLIOGRAFIA	84
7.	ANEXOS.....	96
7.1.	Anexo: Correlação entre a análise química.....	96
7.2.	Anexo: Correlação entre a análise química, actividade da água, dimensões e textura.	97
7.3.	Anexo: Correlação entre a análise química e a cor.	98
7.4.	Anexo: Correlação entre a análise química e a análise sensorial.....	99
7.5.	Anexo: Correlação entre a actividade da água, dimensões e textura.	100
7.6.	Anexo: Correlação entre a actividade da água, dimensões, textura e a cor.	101
7.7.	Anexo: Correlação entre actividade da água, dimensões, textura e análise sensorial.....	102
7.8.	Anexo: Correlação entre a análise da cor e a análise sensorial.	103
7.9.	Anexo: Correlação entre a análise sensorial	104
7.10.	Anexo: Ficha de Prova	105
7.11.	Anexo: Variáveis submetidas a análise multivariada.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Curva do perfil típico do teste TPA, com fracturabilidade.....	12
Figura 2.2 (a) Sistema CIELab da medição da cor, (b) Sistema CIELab tridimensional.	16
Figura 2.3 Diferentes tipos de isotérmicas (Brunauer, 1940).	19
Figura 2.4 Áreas de sensibilidade das qualidades gustativas.	27
Figura 3.1 Distribuição de frequências de idades do painel de provadores.	40
Figura 3.2 Distribuição de género do painel de provadores pelo painel de amostras.	40
Figura 3.3 Distribuição do painel de provadores pelo painel de amostras.	41
Figura 4.1 Valores médios e desvio padrão da determinação do parâmetro L* – Luminosidade – das partes superior e inferior, das amostras de bolachas Maria em estudo.	46
Figura 4.2 Valores médios e desvio padrão da determinação do parâmetro a* – cromaticidade – das partes superior e inferior, das amostras de bolachas Maria em estudo.	49
Figura 4.3 Valores médios e desvio padrão da determinação do parâmetro b* – cromaticidade – das partes superior e inferior, das amostras de bolachas Maria em estudo.	50
Figura 4.4 Efeito da actividade da água a 25 °C.	56
Figura 4.5 Efeito da actividade da água a 40 °C.	56
Figura 4.6 Efeito da temperatura na actividade da água nas amostras de marca branca.	58
Figura 4.7 Efeito da temperatura na actividade da água nas amostras de marca própria/outra marca.	59
Figura 4.8 Comparação entre os atributos sensoriais intensidade da cor, intensidade do aroma e intensidade de sabor.	65
Figura 4.9 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (homogeneidade da cor).	66
Figura 4.10 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (rugosidade da superfície).	67
Figura 4.11 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (aroma: baunilha).	68
Figura 4.12 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (aroma: cereal). * Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).	68
Figura 4.13 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (textura: dureza).	69
Figura 4.14 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (textura: crocância).	70
Figura 4.15 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (sabor: doce).	71
Figura 4.16 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (sabor: manteiga).	72
Figura 4.17 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (sabor: baunilha).	72
Figura 4.18 Resultados das fichas de prova, relativos à apreciação global das amostras em estudo.	74
Figura 4.19 Projecção tridimensional das variáveis no plano definido pelas três componentes principais.	76
Figura 4.20 Dendrograma das amostras de bolacha Maria.	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Formulação comercial das bolachas semi-doce Maria.	8
Tabela 3.1 Valores declarados da composição química centesimal das bolachas do Tipo Maria de marca própria, de marca do produtor e de marca espanhola.	35
Tabela 4.1 Valores médios e desvio padrão das medições associadas à densidade das 8 marcas das bolachas do Tipo Maria em estudo.	45
Tabela 4.2 Valores médios e desvio padrão das características químicas das 8 marcas das bolachas do Tipo Maria em estudo.	51
Tabela 4.3 Resultados das determinações das actividades da água das bolachas, aquando da abertura do pacote, a 25 ± 2 °C.	54
Tabela 4.4 Valores médios e desvio padrão da determinação da textura das 8 marcas das bolachas do Tipo Maria em estudo.	60
Tabela 4.5 Valores próprios e extracção das componentes principais da análise.	75
Tabela 4.6 Importância das variáveis na definição das primeiras componentes principais.	77

LISTA DE ABREVIATURAS

a_w Actividade da água

a^* Cromaticidade (+60 vermelho; -60 verde)

AOAC Association of Official Analytical Chemists International

A1 Área de força positiva durante o primeiro ciclo de compressão

A2 Área de força positiva durante o segundo ciclo de compressão

A2/A1 Coesividade

b^* Cromaticidade (+60 amarelo; -60 azul)

C.I.E Comission International de l'Éclairage

FO Fracturabilidade

F1 Dureza

HRe Humidade relativa de equilíbrio

ISSO International Organization for Standardization

L^* Luminosidade (0 preto; 100 branco)

P Pressão de vapor de água sobre o produto

P_o Pressão de vapor de água saturado à mesma temperatura

SPSS Statistical Package for the Social Sciences

TPA Texture Profile Análisis (Análise do Perfil de Textura)

T1 Distância necessária para atingir o pico na primeira compressão

T2 Distância necessária para atingir o pico na segunda compressão

$F1^*A2/A1^*T2/T1$ Mastigabilidade

$T2/T1*100\%$ Elasticidade

$W = W_m C K a_w(1 - K a_w) (1 - K a_w + C K a_w)$ Equação do modelo de GAB

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{S_y} \right)$$

Equação da correlação de Pearson

$$V = 3,14 * r^2 * h$$

Equação do volume

$$d = \frac{m}{V}$$

Equação da densidade

$HC = 100 - (\% P + \% G + \% C + \% F)$ Equação de determinação dos Hidratos de Carbono

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS



1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

O estilo de vida actual da população está a provocar uma crescente procura por alimentos que sejam simultaneamente práticos, saborosos e saudáveis. Os consumidores desejam consumir alimentos que tragam benefícios à saúde, porém, não querem abrir mão das qualidades sensoriais encontradas em alimentos ricos em gorduras (Toneli *et al.*, 2005).

As empresas estão constantemente a desenvolver novos produtos para manter a sua competitividade, uma vez que os produtos podem apresentar dois tipos de ciclo de vida. Estes podem ser extremamente curtos ou em alternativa durarem muitos anos, e terminam quando para um dado produto as vendas entrarem em declive até não ser mais viável a sua produção. Para as empresas das indústrias de biscoitos, investir no processo de desenvolvimento de produtos ganhou importância para a sobrevivência no mercado (Monteiro & Martins, 2003).

Os produtos de padaria são cada vez mais populares devido à conveniência de “pronto a comer”, à competitividade de preços, disponibilidade de diversos produtos com diferentes sabores e textura, perfil nutricional benéfico e longa vida de prateleira. Outros factores socioeconómicos como rendimentos, aumento da necessidade de economizar tempo e pronto acesso à prateleira em qualquer momento são também responsáveis pelo aumento da procura de produtos de panificação (Azizi *et al.*, 2003 citado por Karaoğlu & Kotancilar, 2009). Os produtos de panificação são amplamente consumidos e, portanto, os requisitos particulares para as suas características de qualidade foram estabelecidos. Especialmente no biscoito, a forma, cor e textura são importantes para o consumidor (He & Hosney, 1990 citado por Karaoğlu & Kotancilar, 2009).

Os biscoitos são os produtos de panificação mais populares consumidos por quase todos os níveis da sociedade. A maioria dos produtos de panificação incorpora diferentes ingredientes nutricionalmente ricos, permitindo dessa forma obter uma diversificação da oferta (Pomeranz, 1998; Potty, 1996 citado por Sudha *et al.*, 2007). O biscoito é um produto composto principalmente por farinha de trigo, gordura e açúcar, com teor de humidade bastante baixo, o que lhe proporciona uma maior duração, se acondicionado em embalagem e com eficiente protecção contra a entrada de humidade (Monteiro, 1996 citado por Monteiro & Martins, 2003).

São factores como a humidade e actividade da água, o teor em gordura, o conteúdo em fibras, o sabor, a textura, a cor, a aparência, entre outros, que segundo diversos autores, vão influenciar a qualidade dos biscoitos e a sua escolha por parte dos consumidores.

Segundo Rahman *et al.* (1998) citado por McMinn *et al.* (2007), a qualidade dos biscoitos é comprometida pelo crescimento de microrganismos e por alterações nas propriedades sensoriais, tais como textura crocante, dureza, cor ou sabor. Como estas alterações deteriorativas estão correlacionados com a actividade da água, então o conhecimento das características de adsorção de água torna-se necessário para fazer previsões de vida útil. Assim, a determinação da humidade crítica e da actividade da água (a_w) são fundamentais para aceitação de produtos que se deterioram, principalmente pela absorção de humidade, como é o caso de biscoitos e salgadinhos (Katz & Labuza, 1981 citado por Palou *et al.*, 1997).

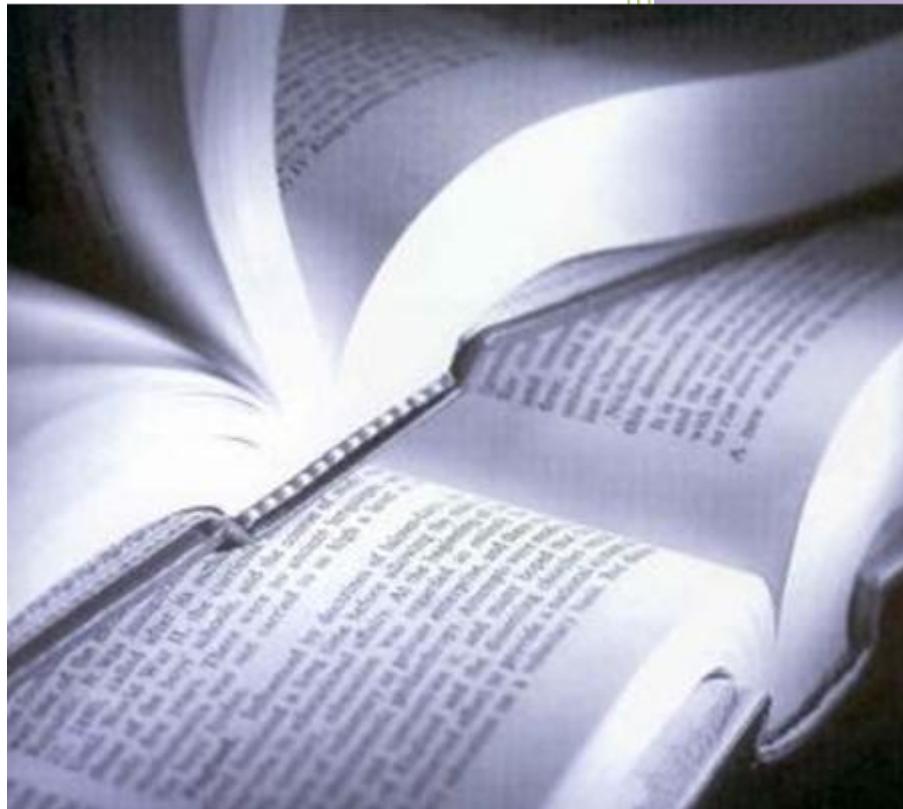
Sabor, textura e aparência são os atributos de qualidade principal dos biscoitos (Drewnowski *et al.*, 1998 citado por Zoulias *et al.*, 2002). A importância da textura do biscoito na aceitação do consumidor é cada vez mais reconhecida. Mudanças nos ingredientes associados às operações de processamento causam variações na textura (Gaines, 1994 citado por Zoulias *et al.*, 2002). A gordura é um dos ingredientes principais que afectam a textura do biscoito. A substituição da gordura tem um impacto maior sobre os atributos de textura nos biscoitos do que por exemplo substituições no açúcar ou na farinha (Campbell *et al.*, 1994 citado por Zoulias *et al.*, 2002). A cor é um factor determinante na definição da qualidade de qualquer alimento, e é uma característica que o consumidor percebe de imediato e que geralmente influencia a impressão sensorial subjectiva. No caso de biscoitos, cor e textura são parâmetros importantes que precisam ser controlados durante o processamento (Chevallier *et al.*, 2002, citado por Lara *et al.*, 2011).

Em busca de aprimorar a qualidade dos produtos alimentares têm sido realizadas inúmeras pesquisas e estudos para se obterem melhores produtos, sendo esse também o objectivo das empresas que comercializam as diferentes marcas. A obtenção de produtos melhorados e variados no que concerne à sua formulação, permitem oferecer aos consumidores produtos finais diversificados e atractivos.

Tendo em vista o interesse dos consumidores por produtos que apresentem boa qualidade e que sejam cada vez mais acessíveis, e devido à oferta de uma grande variedade de marcas, no presente trabalho pretendeu-se estudar bolachas do tipo “Bolacha Maria” comercializadas no território nacional, sendo na sua maioria produzidas em Portugal e apenas uma marca em Espanha. Para isso fez-se um estudo comparativo entre as bolachas através da análise de diversas características nomeadamente ao nível químico, físico e sensorial. Assim, em termos de análises químicas as bolachas foram analisadas em relação ao seu conteúdo de humidade, cinza, proteína, gordura, fibra e hidratos de carbono. No que respeita a propriedades físicas, foram avaliadas pelo seu

volume e densidade, pela cor, pela sua actividade da água e pelas propriedades de textura, por serem factores decisivos para a aceitabilidade do produto. Foram ainda determinadas as isotérmicas de adsorção, por serem determinantes na conservação das propriedades das bolachas ao longo da armazenagem. Finalmente, em termos de análise sensorial foram feitas utilizados os métodos afectivos (teste de preferências de escala hedónica), a fim de avaliar comparativamente as diferentes marcas estudadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUTOS DE PADARIA

Os biscoitos são pequenos produtos de panificação (Manley, 1998) feitos a partir de uma fórmula rica em açúcar e gordura e relativamente pobre em água (Hoseney, 1998). Manley (1998) definiu bolachas como os preparados com farinha de trigo, gordura, leite em pó, sal, açúcar, água e alguns ingredientes menores, como bicarbonato de sódio, bicarbonato de amônio, e emulsionantes, que servem para melhorar a cor, sabor, textura e consistência final das bolachas. Todas elas caracterizam-se por terem a estrutura de glúten bem desenvolvida, mas com o aumento das quantidades de açúcar, glúten ou gordura tornam-se menos elásticas e mais extensíveis.

São muitas e diferentes as propriedades funcionais com importância na elaboração de produtos de padaria. Os ingredientes, individualmente, podem ter mais do que uma função para um produto ou grupo de produtos de padaria (Cauvin & Young, 2006).

2.1.1. Caracterização geral de bolachas doces, biscoitos e bolachas salgadas

A fabricação de biscoitos foi a primeira das indústrias de alimentos a ser mecanizada, e que tem sofrido uma melhoria contínua permitindo aumentar a produtividade de biscoitos graças à engenharia. Sendo este sector uma parte muito significativa da indústria dos alimentos, na maioria dos países do mundo o seu sucesso pode ser atribuído a pelo menos quatro factores principais: a sua vida útil relativamente longa; a sua conveniência, como produtos alimentícios; o gosto e a apetência humana para o açúcar e chocolate; o seu custo relativamente baixo (Manley, 2000).

Os biscoitos (bolachas salgadas, bolachas doces, fortemente doces, semi doces, wafers) caracterizam-se por apresentarem uma baixa humidade no produto acabado e altos níveis de gorduras e açúcar (Cauvin & Young, 2006). Existem muitas diferenças significativas entre os biscoitos, bolachas doces e salgadas e outras classes de produtos de padaria (Cauvin & Young, 2006), sendo considerada como principal característica o facto de as bolachas terem a superfície com um ligeiro brilho e uma textura que a torna agradável (Manley, 1998). Pode fazer-se uma classificação das bolachas e biscoitos relacionada com a forma como a massa é colocada sobre a banda de cozimento. Os biscoitos e as bolachas são finos, normalmente de uma espessura inferior a 10 mm, e são normalmente redondos ou de forma rectangular. Cada produto de biscoito é elaborado

através de um modo particular de moldar a massa, em que as diferentes formas de biscoitos e bolachas são cozidas directamente numa banda no forno, e como as unidades são pequenas e finas, elas são rapidamente cozidas a temperaturas relativamente altas. Assim, segundo Hosene (1998), essa classificação permite dividir os biscoitos e bolachas em quatro tipos: molde rotativo de biscoitos/bolachas, máquina de corte de biscoitos/bolachas, fio de corte de biscoitos/bolachas e finalmente bolachas doces, baseada nos tipos de corte a que as massas são sujeitas. Porém El-Dash, Camargo & Diaz (1980) (citados por Monteiro & Martins (2003)), consideram que existem basicamente seis categorias para os produtos desta indústria, sendo que esta divisão se dá em função de diferentes processos de fabricação, inerentes a cada produto. Para estes autores, os biscoitos são divididos em recheados, semidoces (Maria/Maizena), doces (moldados/estampados), crackers (cream cracker/água e sal), wafers (alguns autores não consideram wafers como biscoitos) e outros (snacks e extrudidos), sendo esta a divisão mais empregada, actualmente, para a caracterização pelos fabricantes de biscoitos. Não é possível produzir outro tipo de biscoitos numa mesma linha de produção, sem que esta sofra modificações, sendo em alguns casos, até mesmo impossível.

O conteúdo em humidade dos produtos derivados do biscoito é muito baixo, o qual associado à fina espessura dos mesmos, lhes atribui um carácter duro e crocante, muito apreciado na hora de comer (Cauvin e Young, 2006). Os fenómenos mais importantes durante o cozimento dos biscoitos são a considerável perda de água e a Reacção de Maillard que se dá à superfície, originando o escurecimento da cor superficial. Tal como Manley (1998) referiu, o produto torna-se apelativo para os consumidores em função da sua aparência e qualidades visíveis. Por exemplo, os consumidores não apreciam biscoitos, nem tão pouco os que foram demasiado cozidos ou pouco cozidos.

Cauvin e Young (2006) verificaram que durante o processo de cozimento, quando a humidade migra desde o centro húmido para a superfície torna a bolacha mais seca, e a contracção e expansão que se lhe segue causam quebras seguidas de linhas microscópicas de debilidade dos produtos.

2.1.2. História da origem das bolachas do tipo Maria

Bolacha Maria ou Biscoito Maria é um tipo muito popular de bolacha feita com farinha de trigo, açúcar, óleo e essência de baunilha. Apresenta forma redonda, com o nome “ Maria” gravado na superfície e desenhos intrincados na borda. A bolacha Maria é muito popular entre as crianças, sendo especialmente consumida por bebés, depois de desfeita em leite, sendo também usada na confecção de receitas (www-1).

Em 1874, um padeiro inglês, por ocasião do casamento da duquesa Maria Alexandrovna da Rússia com o duque de Edinburgo, criou um novo biscoito como forma de homenagem à duquesa, as suas características (biscoito redondo, com um friso decorativo, no seu centro gravado o nome “Maria”) e o facto de o casamento ter sido seguido com grande interesse por toda a parte, permitiu que as industriais locais comesçassem a imitar o produto. As “bolachas Maria” entraram na cultura nacional espanhola no século XX, no período decorrente e que se seguiu à Guerra Civil Espanhola, durante a qual foi considerado símbolo da prosperidade da economia ao ser produzido com excedentes de trigo (www-2).

A Bolacha Maria é um tipo de bolacha doce, muito típica em Espanha e Portugal, fazendo ainda as delícias dos consumidores em vários países. Nesta medida elas são fabricadas e comercializadas em países como Espanha, Costa Rica, Portugal, Holanda, Turquia, Venezuela, China, Uruguai, Malásia e Japão, entre outros (www-3).

No que respeita ao seu valor nutricional, as bolachas Maria têm um alto poder calorífico, com cerca de 500 kcal por 100g. Apesar da sua aparência simples e do seu conteúdo em gordura, bastante inferior a outros tipos de bolachas, são ricas em hidratos de carbono (aproximadamente 70-75 %) e lípidos (15-20 %), sendo a quantidade de proteína é pequena, cerca de 6 %. (www-4).

2.1.3. Formulação base das bolachas

A base principal para a maioria dos produtos desta gama é a farinha de trigo. Adições diferentes da mais versátil das matérias-primas permitem obter a enorme variedade de bolos, biscoitos e bolachas que estão disponíveis actualmente (Townsend, s/d).

As bolachas do tipo semi-doce Maria são produzidas de acordo com uma formulação comercial e prática de panificação. A receita básica é dada na Tabela 2.1. divulgada por Pedersen, L. *et al.* 2004, num estudo sobre propriedades reológicas de massa de biscoito de diferentes cultivares e relação com características de cozimento.

Tabela 2.1 Formulação comercial das bolachas semi-doce Maria.

Ingredientes	Quantidade
Farinha	1000 g
Açúcares Totais ^a	224 g
Gordura ^b	136 g
Sal	10 g
Na ₂ CO ₃	7 g
(NH ₄) ₂ CO ₃	13 g
Água ^c	325g

^a Incluem uma mistura de glicose, sacarose e lactose (produtos secos).

^b gordura vegetal endurecida.

^c ajustada para absorção da água.

2.2. TEXTURA

Textura em alimentos é difícil de definir para muitos cientistas, atendendo a que textura significa coisas diferentes para pessoas diferentes (Chauvin, 2007). Muller (1969) citado por Chauvin (2007) referiu que o termo textura pode ser afastado porque é confuso, sugerindo ainda que o uso da terminologia pode ser dividido em dois termos para substituir a palavra textura: “reologia” – que define as propriedades físicas dos alimentos, e “hapt aesthesis” – que define as percepções do comportamento mecânico dos materiais.

A “Internacional Organization for Standardization” (Standard 5492, 1992) escreveu que “a textura é um substantivo que compreende todos os atributos mecânicos (geométricos e de superfície) de um produto alimentar perceptíveis por meio de receptores mecânicos, tácteis e, se for o caso, visual e auditiva”. Contudo, a “British Standards Organization” (BS 5098) define textura como o “atributo resultante de uma combinação de propriedades físicas percebidas pelos sentidos da cinestesia, do tacto (incluindo a boca, o sentir, a visão e a audição). As propriedades devem incluir tamanho, forma, número, natureza e conformação do componente de elementos estruturais.

A textura dos alimentos está relacionada com as suas propriedades físicas e é consequência da sua composição química. Ela é percebida visualmente antes do consumo do alimento, pelo tacto ao segurá-lo, por diversos receptores na cavidade bucal aquando da mastigação e pela audição (Lewis, 1996 citado por Piteira, 2005). São conhecidos diversos estudos de vários autores sobre a influência de diferentes ingredientes nas propriedades físicas e químicas das bolachas e biscoitos. Segundo Grandison (2006), alterações de textura são causadas por uma grande variedade de efeitos, incluindo a perda de água, desnaturação de proteínas que pode resultar em perda da capacidade de retenção de água ou hidrólise, coagulação e solubilização de proteínas, enquanto Manohar e Rao (1999) citados por Piteira (2005) estudaram o efeito do teor de gordura e emulsionantes na textura de bolachas e biscoitos, tendo concluído que o teor em gordura, bem como o emulsionante usado, provocam alterações nas propriedades reológicas das massas e na qualidade final de biscoitos.

2.2.1. Importância da textura nas bolachas

A textura é considerada como um dos atributos sensoriais mais importantes na aceitação das bolachas. A textura é assim determinante na qualidade dos biscoitos, uma vez que afecta a aceitação do consumidor e as respectivas vendas (Gaines *et al.*, 1992).

As bolachas são produtos com uma estrutura granular levemente compactada, onde o ar está retido numa série de grânulos e não uniformemente distribuído. Os biscoitos ou bolachas são ricos em açúcar e possuem uma estrutura coesa e quebradiça (Maache-Rezzoug *et al.*, 1998 citado por Piteira, 2005).

Mudanças nos ingredientes e nos processos causam variações na textura, sendo a gordura um dos principais ingredientes que afectam a textura dos biscoitos. Desta forma, alterações ao nível da gordura adicionada podem ter um impacto muito significativo sobre os atributos de textura dos biscoitos, até mais do que alterações ao nível de ingredientes tais como o açúcar ou a farinha (Graines, 1994; Campbell *et al.*, 1994 citados por Zoulias *et al.*, 2002). Maache-Rezzoug *et al.* (1998) citados por Zoulias *et al.* (2002) investigaram o efeito do teor de gordura na textura de biscoitos e descobriram que um aumento no teor de gordura resultou em maior friabilidade e produtos menos crocantes.

2.2.2. Medição instrumental da textura

Os instrumentos mais usados para quantificar a textura fazem medições da força em função da distância percorrida, através de aplicação da força por penetração, deformação, extrusão ou corte de um determinado alimento, usando testes empíricos para os estudos de textura, como por exemplo o penetrómetro e o texturómetro (Lewis, 1996; Manohar e Rao, 1997 citados por Piteira, 2005).

Scott-Blair (1958) citado por Rosenthal (2001) classificou as técnicas instrumentais utilizadas para medir a textura dos alimentos em três grupos:

1. Ensaio empíricos - medem alguma propriedade física sob condições bem definidas.
2. Ensaio imitativos - tentam simular as condições em que o material é submetido na boca.
3. Ensaio fundamentais - medem propriedades físicas bem definidas tais como a viscosidade ou o módulo de elasticidade.

Segundo Piteira (2005), através de testes empíricos os alimentos são submetidos a determinadas tensões (compressão, tensão escoamento ou extrusão) e a reacção da amostra é registada. Contudo, estes só são comparáveis quando executados sob as mesmas condições e o efeito de variáveis como por exemplo o tamanho da amostra ou a velocidade de deformação devem ser estabelecidos experimentalmente para que se possam comparar os resultados (Voisey, 1975).

Os testes de imitação tentam simular a mastigação com certo tipo de máquinas que mastigam o alimento. A máquina está equipada para proporcionar medidas de esforço e/ou deformação durante a sequência do ensaio. Na realidade alguns destes equipamentos incorporam dentaduras semelhantes às humanas que oscilam uma sobre a outra, imitando o movimento da mandíbula, sendo que os dados obtidos pela máquina dependem de outros factores tais como o tipo e posição dos sensores e o movimento relativo das mandíbulas. Um ensaio imitativo que tem captado a atenção de muitos técnicos de alimentos pelo facto de pretender proporcionar valores padrão para as propriedades de textura dos alimentos é a Análise do Perfil de Textura (TPA – “Texture Profile Analysis”), criado pela General Foods em meados dos anos 60 (Rosenthal, 2001). É evidente que o desenvolvimento do TPA tem demonstrado ser uma ajuda valiosa para avaliar a textura dos alimentos.

2.2.3. Texturómetro

Um importante avanço na avaliação da textura dos alimentos foi conseguido com o desenvolvimento do texturómetro General Foods, que foi uma modificação da prótese do tenderómetro original do Food Technology Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology (MIT), o qual foi concebido para simular a acção de mastigação da boca humana (Friedman *et al.*, 1963; Szczesniak *et al.*, 1975; citados por Rao & Quintero, 2005). É evidente que o desenvolvimento do TPA permite proporcionar valores padrão para as propriedades de textura, e tem demonstrado ser uma ajuda valiosa na avaliação da textura de alimentos.

Szczesniak e Hall (1975) citados por Rao & Quintero (2005) descreveram o texturómetro como uma unidade composta por uma placa suportada por um braço flexível, que é acoplado a um medidor de tensão e um êmbolo. O texturómetro da General Foods utiliza um êmbolo acabado em plano para contactar com a amostra do alimento. Baseado num instrumento que deforma o alimento através de um movimento de torção

(semelhante a uma mandíbula humana), utilizando um ciclo com duas mordidas, e o esforço que é exercido na amostra mede-se à medida que ela é comprimida.

Os valores obtidos durante o deslocamento da sonda em contacto com a amostra, são registados, de onde se obtém um gráfico de força versus tempo ou distância (Texturograma) que permite avaliar a textura dos alimentos quer sob compressão quer em tracção, como se pode ver na Figura 2.1.

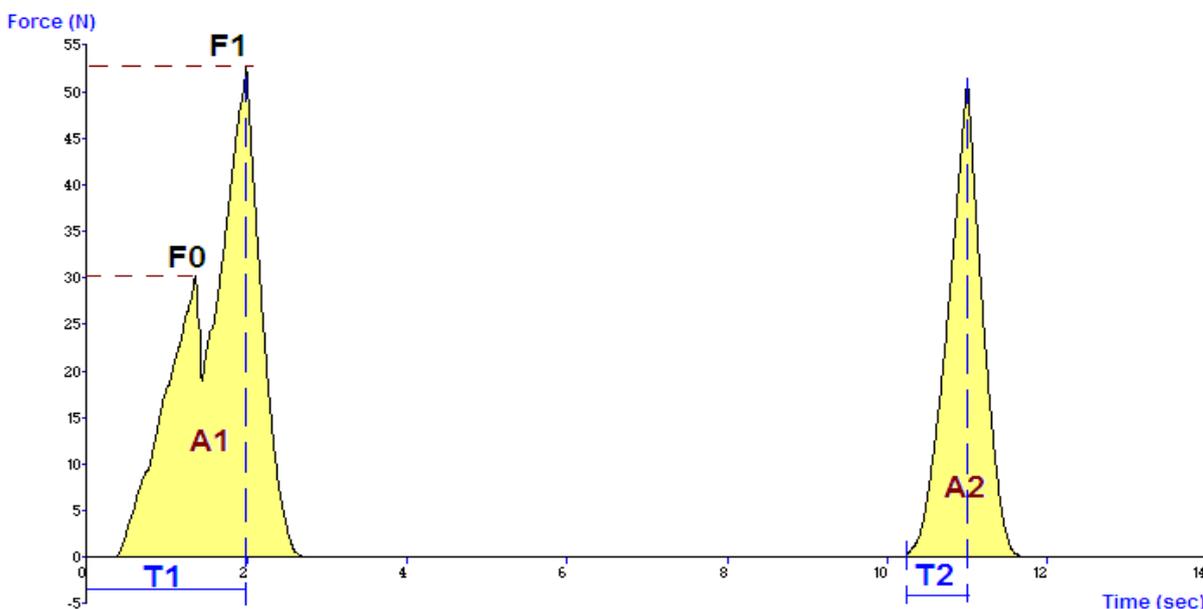


Figura 2.1 Curva do perfil típico do teste TPA, com fracturabilidade.

Bourne (1975) foi compilando e modificando, as cinco medidas e os dois parâmetros calculados originalmente segundo Szczesniak *et al.* (1975) e Friedman *et al.*, (1963):

1. Fracturabilidade (também designada fragilidade) é definido como a força da primeira e significativa quebra nesta área de primeira mordida positiva (F0).
2. Dureza é definida como a força máxima durante o primeiro ciclo de compressão (F1).
3. Coesividade é definida como a razão da área de força positiva, durante o segundo ciclo de compressão, para a área de força positiva durante o primeiro ciclo de compressão (A2/A1).
4. Elasticidade é definida como a razão entre a distância necessária para atingir o pico na segunda compressão e a mesma distância para a primeira compressão, e normalmente representa-se em percentagem ($T2/T1 \times 100\%$).

5. Mastigabilidade é definido como o produto entre a dureza, a coesividade e a elasticidade ($F1 \times A2/A1 \times T2/T1$).

2.3. COR

A cor é um dos atributos de qualidade muito importantes quando se trata de alimentos. Embora esta propriedade não reflecta, necessariamente, características nutricionais, funcionais ou de sabor, determina ainda assim, e de forma determinante, a aceitabilidade de um produto pelos consumidores (Saltin & Sumnu, 2006). Não sendo em si verdadeiramente uma característica física, a cor de um alimento, resulta da percepção da aparência, podendo esta ser influenciada por uma série de características físicas, tais como o tamanho da partícula, textura, brilho, polarização e estado físico. É também influenciada por uma série de percepções psicológicas, tais como cor de fundo, tamanho do fundo, tipo de iluminação, a caracterização espacial e geométrica de um objecto. A percepção da cor pelo ser humano depende de um estímulo físico no olho seguido de uma interpretação pelo cérebro (Dember & Warm, 1976 citados por Francis 2005; Rao & Quintero, 2005).

Na cozedura industrial de produtos à base de cereais, como as bolachas, as propriedades do produto que influenciam a cor são numerosas. Forma e tamanho são difíceis de medir, e os progressos recentes na pesquisa de sensores mostrou que tais medidas devem ser complementadas por um tratamento de dados apropriado (Trystram, 1994 citado por Perrot *et al.*, 1996). De acordo com Francis (1962) citado por Saltin & Sumnu (2006), a medição de cor pode ser usada como um meio indirecto de analisar um determinado componente ao qual está associada uma cor num alimento, uma vez que muitas vezes é mais simples e mais rápido do que a análise química.

A cor compreende uma informação complexa tridimensional, podendo ser representada por curvas espectrofotométricas, que são parcelas de fracções da luz incidente (reflectida ou retransmitida) como uma função do comprimento de onda em todo o espectro visível (Trouvé, 1991 citado por Perrot *et al.*, 1996; Saltin & Sumnu, 2006).

2.3.1. Medição instrumental da cor

Nos últimos anos, a visão de computador foi usada para medir objectivamente a cor dos alimentos e oferece ainda algumas vantagens óbvias, permitindo a análise das superfícies de biscoitos inteiros, e quantificar as características morfológicas tais como fissuras e outros defeitos (Papadakis *et al.*, 2000 e Papadakis, 2004; Pedreschi *et al.*, 2005 citados por Lara *et al.*, 2011).

A “Comission International de l’Éclaire” (C.I.E.) desenvolveu um sistema padronizado de iluminantes e coordenadas, que é usado para obter valores tristimulares C.I.E., baseados no espectro do visível. Cada cor é unicamente definida por três estímulos primários: vermelho (X), verde (Y) e azul (Z) (Piteira, 2005).

O cálculo de dados a partir de espectros XYZ era uma prática comum antes da década de 1950, mas exigiu um trabalho computacional que levou ao desenvolvimento de colorímetros tristimulares (Francis citado por Rao & Quintero, 2005; Saltin & Sumnu, 2006). Segundo Francis citado por Rao & Quintero (2005), o conceito é muito simples precisando apenas de uma fonte de luz, três filtros de vidro com espectros que duplicaram as curvas X, Y, Z e uma fotocélula. Por sua vez, Saltin & Sumnu (2006) caracterizam a análise colorimétrica tem três componentes principais:

1. Fonte de iluminação;
2. Combinação de filtros usados para modificar a distribuição de energia do incidente / luz reflectida;
3. Detector fotoelétrico que converte a luz reflectida em uma saída eléctrica.

Cada cor tem um padrão de impressão digital em reflectância do espectro. O colorímetro mede a cor através de três filtros de banda larga que correspondem às curvas de sensibilidade espectral. Medições feitas num colorímetro tristimular de banda larga de filtros correspondem às curvas de sensibilidade espectral. Para isso, é necessário o uso de padrões calibrados de cores similares aos materiais a serem medidos para alcançar as medições mais precisas. Cada cor tem os seus próprios valores tristimulares que a distingue de qualquer outra cor. Estes valores podem ser medidos para determinar se um jogo de cores é preciso. Eles também são usados para determinar a direcção e a quantidade de qualquer diferença de cor. Com este arranjo, pode-se obter uma leitura X,Y,Z que representa a cor da amostra (Francis citado por Rao & Quintero, 2005).

Para tornar a cor mais intuitiva e fácil de interpretar, estes valores são usualmente convertidos para uma outra escala como a de Hunter, a X,Y,Z ou a CIELab (Piteira, 2005).

2.3.2. Sistemas de cor

Uma variedade de sistemas foram desenvolvidos para descrever as cores, que correspondem a arranjos tridimensionais de acordo com a aparência. Assim cada cor tem uma notação para a sua posição no arranjo (Saltin & Sumnu, 2006), ou seja é descrita por um conjunto de coordenadas. Dentro desta variedade de sistemas de cor existem, o “The

Munsell Color System”, o “CIE Color System”, o “CIE $L^*a^*b^*$ (CIELab) Color Spaces”, o “Hunter Lab Color Space” e o “Lovibond System”.

O CIELab ou $L^*a^*b^*$ é comumente usado na busca do controle da qualidade dos alimentos (Lara *et al.*, 2011). Foi desenvolvido em 1976 e oferece mais vantagens sobre o desenvolvido em 1931 (Sistema X,Y,Z) (Saltin & Sumnu, 2006).

Segundo Calvo (1995) e McGuire (1992) citados por Piteira 2005, a localização de qualquer cor no espaço de cor CIELab é determinada pelas suas coordenadas de cor: L^* , a^* e b^* , que estão conjugadas com um espaço esférico (L^* , h^* e c^*). Estas representam respectivamente (CIE, 1978): L^* - luminosidade - representa a diferença entre o branco ($L^*=100$) e preto ($L^*=0$); a^* - cromaticidades - representa a diferença entre o verde ($-a^*$ [-60 verde]) e o vermelho ($+a^*$ [+60 vermelho]); b^* - cromaticidade - representa a diferença entre azul ($-b^*$ [-60 azul]) e o amarelo ($+b^*$ [+60 amarelo]).

Na Figura 2.2 (a) apresenta-se a representação espacial das coordenadas L^* , a^* e b^* , e na Figura 2.2 (b) pode-se observar outra representação gráfica, imaginando-se uma imagem tridimensional do modelo.

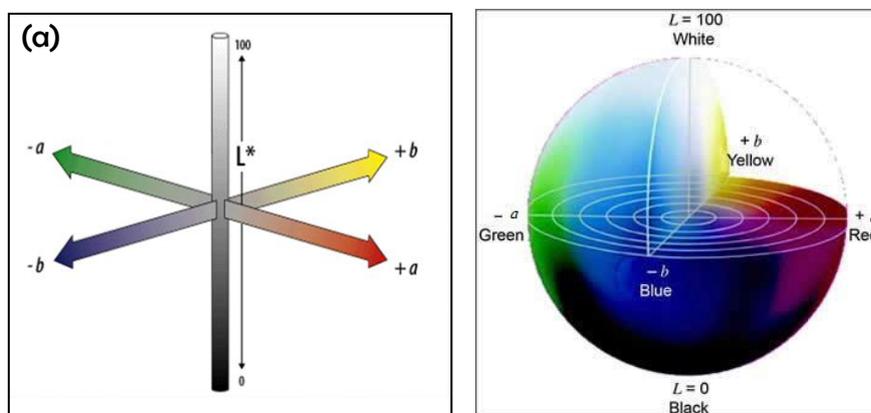


Figura 2.2 (a) Sistema CIELab da medição da cor, (b) Sistema CIELab tridimensional.

2.4. ACTIVIDADE DA ÁGUA E ISOTÉRMICAS DE SORÇÃO

Para um determinado produto alimentar, a migração da água sob a forma de vapor desde o interior do alimento até à sua superfície, e desta para o meio circundante, depende da sua estrutura física e composição química, bem como das propriedades do ar circundante (Earle, 1988; Fellows, 1994). Alguns dos factores mais importantes a considerar relativamente ao alimento, são: o conteúdo de água e a forma com ela se encontra ligada, a composição (gordura, amidos, açúcar, proteínas, entre outros), o tipo de solutos presentes (polímeros, colóides ou partículas dispersas) e a quantidade de sólidos solúveis em água. No que respeita à atmosfera circundante, os factores a ter em consideração são a temperatura, a velocidade e a humidade relativa do ar (Foust *et al.*, 1980; Park *et al.*, 2002).

A água é um dos componentes mais importantes dos alimentos. Assim, o teor de água livre comercial em alimentos apresenta uma relação importante com a conservação e alterações químicas, físicas e microbiológicas durante o armazenamento (Rockland & Nishi, 1980 citados por Sampaio *et al.*, 2009).

A propriedade mais importante relativa à água em alimentos é a actividade da água (a_w), a qual é definida como a relação da pressão de vapor de água em equilíbrio com um alimento e a pressão de saturação de vapor na mesma temperatura (Fontana, 1998 citado por Ziegler, 2006). A relação que permite o cálculo da a_w é a seguinte:

$$a_w = p/p_0 = \text{HRE}/100$$

onde:

a_w = actividade de água

p = pressão de vapor de água sobre o produto

p_0 = pressão de vapor de água saturado à mesma temperatura

HRE = humidade relativa de equilíbrio

Mudanças específicas na cor, aroma, sabor, textura, estabilidade e aceitabilidade dos produtos alimentares crus e processados têm sido associados com intervalos relativamente estreitos de actividade da água (a_w) (Rockland, 1969 citado por Alhamdan & Hassan, 1999 e Al-Muhtaseb *et al.*, 2010).

A actividade de água e as propriedades de sorção dos alimentos têm sido considerados como importantes propriedades físicas em formulações de alimentos e

processos (Saltin & Sumnu, 2006). Os valores críticos de a_w são estabelecidos como aqueles acima dos quais ocorre a deterioração do alimento. No caso dos alimentos desidratados, esses valores situam-se abaixo de 0,6. No entanto, quando armazenados adequadamente, são outras reacções de deterioração que vão definir as suas vidas de prateleira, como por exemplo, escurecimento ou descoloração e oxidação (Teixeira Neto e Jardim, 1996 citados por Ziegler, 2006). A qualidade dos biscoitos perde-se devido ao crescimento de microrganismos (alterações biológicas), alterações químicas (oxidação, escurecimento enzimático e não enzimático), alterações físicas e propriedades sensoriais, tais como a textura, crocância, dureza, cor e sabor, correlacionados com a actividade da água (Rahman Perera & Thebaud, 1998 citados por McMinn *et al.*, 2007; Ertugay & Certel, 2000 citados por Al-Muhtaseb *et al.*, 2010; Martínez-Navarrete *et al.*, 2004 citados por Sampaio *et al.*, 2009).

A qualidade dos alimentos conservados é largamente dependente do teor de humidade, bem como da migração da humidade e/ou absorção de humidade pelo alimento durante o armazenamento. As isotérmicas de sorção de humidade descrevem a relação entre actividade da água e o teor de humidade de equilíbrio de um produto alimentício mantido a temperatura constante (Saltin & Sumnu, 2006). Para uma temperatura constante, o conteúdo de água do alimento, varia continuamente até atingir o equilíbrio com a atmosfera que o rodeia. A humidade de equilíbrio é, então, definida como o conteúdo de água do alimento quando se verifica a condição de a pressão de vapor da água na superfície do material ser igual à pressão de vapor da água no ar que o envolve. (Fellows, 1994; Park *et al.*, 2001). A humidade de equilíbrio no alimento e a humidade relativa de equilíbrio do ar definem o estado de equilíbrio, no qual o alimento não perde nem recebe água para ou da atmosfera, tendo em conta que, apesar de pouco significativa a temperatura tem alguma influência sobre a HRE (Loncin & Caabeiro, 1965).

As isotérmicas de sorção são extremamente importantes para a modelização de processos de secagem, para a concepção e optimização de equipamentos de secagem, para a previsão do prazo de validade e estabilidade, para o cálculo das variações de humidade que podem ocorrer durante o armazenamento e para a selecção de materiais de embalagem apropriada (Gal, 1987 citado por Samapundo *et al.*, 2007). Teixeira Neto e Jardim (1996), citados por Ziegler (2006), referem a grande sensibilidade dos alimentos desidratados ao ganho de humidade a partir da atmosfera circundante, resultando numa conseqüente deterioração. Quando o produto ganha humidade tem-se a isotérmica de adsorção e quando o produto perde humidade tem-se a isotérmica de dessorção. Estas curvas são muito importantes quando se deseja estudar a conservação de alimentos

desidratados e a especificação de embalagens mais adequadas para acondicioná-los (Quast, 1973 e Gil, 1974 citados por Ziegler, 2006).

O comportamento de sorção de vários alimentos, e a influência da temperatura sobre as relações entre a humidade de equilíbrio e a actividade da água, foram estudados e modelados extensivamente nos últimos anos (Lewicki, 1998 citado por McMinn *et al.*, 2007). No entanto, estudos sobre isotérmicas de absorção de água em produtos com validade são muito limitados na literatura (Hassan, 1991; Hamdi & Jendoubi, 1994 citados por Alhamdan & Hassan 1999).

O método mais simples para obter isotérmicas de sorção de alimentos é armazenar uma amostra (previamente pesada) num recipiente fechado mantido a uma humidade relativa conhecida, a uma temperatura constante, e efectuar nova pesagem da amostra, após alcançado o equilíbrio. Os ambientes de humidade relativa podem ser obtidos usando soluções salinas saturadas, ácido sulfúrico, e glicerol (Saltin & Sumnu, 2006).

Cada alimento possui uma isotérmica de sorção característica para cada temperatura. Brunauer *et al.* (1940) classificaram as isotérmicas de sorção em cinco categorias diferentes, segundo a teoria da adsorção de gases de Van-der Waals, que são ilustradas na Figura 2.3. Na maioria dos alimentos as isotérmicas de sorção são não-lineares, sendo normalmente sigmoidais, como a denominada por tipo II da Figura 2.3, contudo, para alimentos ricos em componentes solúveis, tais como açúcares, as isotérmicas são aparentemente melhor descritas por curvas do tipo III (Vázquez-Uña *et al.*, 2001a e 2001b; Rizvi, 1986).

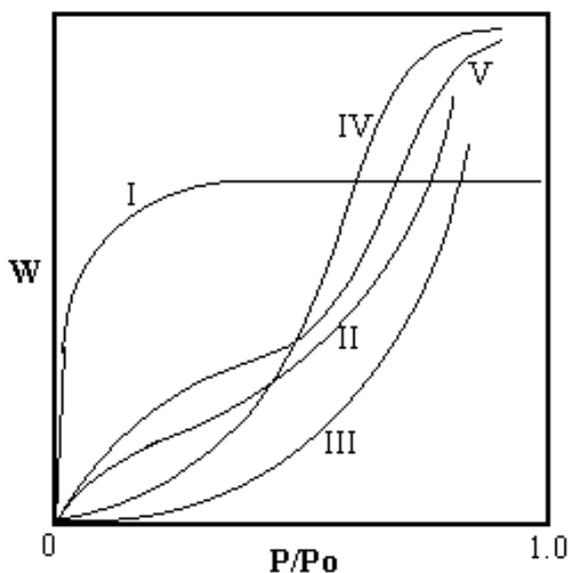


Figura 2.3 Diferentes tipos de isotérmicas (Brunauer, 1940).

As diferenças nas formas das isotérmicas de sorção devem-se a diferenças na estrutura física, composição química e capacidade de retenção de água de cada alimento.

A informação fornecida pelas isotérmicas de sorção permite verificar qual é a actividade da água a que um alimento é estável, e assim prever o efeito que uma alteração no seu conteúdo de água teria sobre a actividade da água, e portanto sobre a vida útil do alimento, determinação da humidade crítica e são fundamentais para a aceitabilidade de produtos que se deterioram principalmente pelo ganho de humidade. Por outro lado, é possível também avaliar a partir destas curvas a velocidade de desidratação ou re-hidratação do alimento (Guiné & Castro, 2002; Vázquez-Uña *et al.*, 2001a; Katz & Labuza, 1981 citados por Palou *et al.*, 1997).

2.4.1. Formas de retenção de humidade no alimento

A água presente nos materiais pode encontrar-se em diferentes estados, em função da intensidade das forças envolvidas. As isotérmicas podem compreender três regiões distintas, consoante o tipo de interacções desenvolvidas pela água no alimento (Fellows, 1994; Labuza, 1985; Mafart, 1994; Tsami *et al.*, 1990):

- Região I ($0 \leq a_w \leq 0.2$ ou $0 < \text{HRE} < 20 \%$) – Na primeira parte das isotérmicas, as moléculas de água estão retidas na mono-camada, encontrando-se fortemente ligadas uma vez que as forças de Van der Waals são muito intensas, e impedem parcialmente que o movimento molecular se manifeste numa pressão de vapor saturante. As moléculas orgânicas, tais como as proteínas, estão mais ou menos saturadas por uma camada mono-molecular de água fortemente ligada, em que as moléculas estão orientadas. A água encontra-se assim num estado rígido, sendo muito estável e não podendo ser congelada nem eliminada por desidratação.

Nesta fase, as possibilidades de ocorrerem reacções de rancificação oxidativa são maiores devido à ausência de moléculas de água que poderiam hidratar os metais e os radicais peróxido.

- Região II ($0.2 < a_w \leq 0.6$ ou $20 \% < \text{HRE} < 60 \%$) – Na região intermédia, correspondendo à parte linear da curva, as moléculas de água estão maioritariamente retidas por ligações covalentes em camadas multi-moleculares, onde se encontram dissolvidos os diversos compostos solúveis. Há também ligações por pontes de hidrogénio entre moléculas de água e grupos amino e hidroxilo.

- Região III ($0.6 < a_w \leq 1.0$ ou $60 \% < HRE < 100 \%$) – Nos estágios iniciais da secagem, a água existe como moléculas livres, no estado líquido. Só desta forma a água se pode movimentar para a solvatação dos iões e das moléculas, e porque se encontra retida por forças fracas é facilmente eliminada por desidratação. A sua pressão de vapor é influenciada por forças de capilaridade e pela dissolução dos componentes solúveis, que podem resultar numa actividade enzimática e num crescimento microbiano acelerados. É a água livre que está no alimento disponível para o crescimento microbiano, pelo que um alimento com uma proporção de água acima do ponto B é mais propenso a alterações indesejáveis e reacções de degradação.

2.4.2. Modelos teóricos para descrever as isotérmicas

Um único modelo pode não ser suficiente para representar o comportamento de sorção de toda a gama de actividade da água, já que a água se encontra associada à matriz alimentar em diversas formas para as diferentes gamas. Contudo, as revelações de histerese podem também tornar difícil a adopção de um modelo de sorção universal para um determinado produto (Rizvi, 1986).

Na literatura existem mais de 200 modelos diferentes (Viswanathan *et al.*, 2003), para descrever a adsorção de água em materiais capilares, sendo a maioria deles representada por equações semi-empíricas com um número variável de parâmetros. Do vasto número de modelos encontrados na literatura, entre os mais frequentemente utilizados para descrever as isotérmicas de alimentos encontram-se o modelo de adsorção física proposto por Langmuir (1918) baseia-se numa camada uni-molecular, com sítios de adsorção idênticos e independentes. Outro modelo corresponde à isotérmica de BET (Brunauer *et al.*, 1938) a qual apresenta bons ajustes para uma gama variada de alimentos na zona de a_w entre 0.05 e 0.45 (Chirife & Iglesias, 1978). São considerados ainda outros modelos, como as equações de Oswin (1946) ou Chirife & Iglesias (1978), em que a dependência da temperatura não é tida em consideração, ou as equações de Halsey (1948), Henderson (1952) ou Chung & Pfof (1967), que exibem uma dependência explícita da temperatura. Outras equações, como as de Chen & Clayton (1971) e Guggenheim, Anderson e deBoer (GAB) (Anderson, 1946; deBoer, 1953; Guggenheim, 1966), incluem a dependência da temperatura em determinados parâmetros.

O modelo de GAB apresenta uma grande versatilidade, sendo muito aplicado ao estudo dos alimentos (Rizvi, 1986), e representa uma extensão refinada das teorias de

Langmuir e BET o qual inclui três parâmetros com significado físico (Berg, 1984; Weisser, 1986). Para os processos de sorção de vapores de água, o modelo de GAB expressa-se segundo a equação:

$$W = W_m \frac{C K a_w (1 - K a_w)}{(1 - K a_w) + C K a_w}$$

no qual C e K são dependentes da temperatura, e estão relacionadas com as energias de interação entre as primeiras e as mais distantes moléculas adsorvidas nos sítios individuais de adsorção.

O modelo de GAB apresenta grandes vantagens quanto à sua aplicação (Berg, 1984; Rizvi, 1986), entre as quais: apresenta uma fundamentação teórica viável; descreve o comportamento de praticamente todos os alimentos na gama $0 < a_w < 0,9$; tem uma fórmula matemática relativamente simples, com apenas três parâmetros, sendo interessante do ponto de vista do cálculo; os seus parâmetros têm um significado físico em termos dos processos de sorção; permite descrever alguns efeitos da temperatura sobre as isotérmicas, em termos de equações do tipo Arrhenius.

2.5. ANÁLISE SENSORIAL

O projecto de Norma Portuguesa 4263 (1994) define Análise Sensorial ou Exame Organoléptico como o “exame das características organolépticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”, sendo, organoléptica definida como “propriedade de um produto perceptível pelos órgãos dos sentidos” (citado por Monteiro, 2007). Há ainda quem descreva Análise Sensorial usando a definição do Instituto de Tecnologia de Alimentos - um método científico utilizado para evocar, medir, analisar e interpretar as respostas para aqueles produtos como percebidos através dos sentidos da visão, olfacto, tacto, paladar e audição (Anónimo, 1975 citado por Kemp *et al.*, 2009). De uma forma mais simples Anzaldúa-Morales (1994) caracteriza a avaliação sensorial como sendo a análise de alimentos ou outros materiais através dos sentidos.

Historicamente, a avaliação sensorial tem sido frequentemente associada a especialistas de produtos, e mais tarde como um membro mais passivo da equipa de desenvolvimento do produto (Sidel & Stone, 1993). Esta é uma técnica de medição e análise tão importante como a química, física, microbiologia, e outras, tendo a vantagem de que a pessoa que efectua as medições utiliza os próprios instrumentos analíticos, ou seja, os cinco sentidos, que têm um carácter tão científico quanto outros tipos de análise, sendo baseados em estatísticas, fisiologia, psicologia e outros ramos da ciência (Anzaldúa-Morales, 1994). Actualmente, os novos desafios enfrentados pela indústria de alimentos são progressivamente transformados sensorialmente para um papel mais pró-activo, responsável por gerar ideias para novos produtos com base em propriedades sensoriais exclusivas ou segmentos de consumidores únicos identificados apenas através do comportamento sensorial. No entanto, a sobrevivência da avaliação sensorial como fonte de informação independente não é garantida. A avaliação sensorial deve desenvolver e melhorar os seus métodos e, mais claramente delinear as suas responsabilidades e o seu papel na indústria de alimentos (Sidel & Stone, 1993).

A percepção humana de alimentos tem sido descrita como um processo cíclico que começa com um adiantamento inicial de impulsos visuais de origem, mas também ajudado pelas nossas experiências anteriores. Vários aspectos da aparência como cor, tamanho, forma bem como aspectos da estrutura, estão à frente da nossa interacção física com os alimentos (Kramer, 1973 citado por Rosenthal, 2001), os quais são percebidos pela seguinte ordem: aparência, odor/aroma/perfume, consistência e textura, sabor (aromáticos, sentimentos químicos, paladar). No entanto, no processo de percepção, a maioria ou todos os atributos sobrepõem-se, isto é, o sujeito recebe uma mistura de impulsões sensoriais

quase simultâneas, e sem formação o indivíduo não será capaz de proporcionar uma avaliação independente de cada um (Meilgaard *et al.*, 1999).

Os métodos de análise sensorial foram desenvolvidos para servir interesses económicos, estando também relacionados com a determinação do valor de uma determinada mercadoria, ou mesmo, a sua aceitabilidade. Porém, as principais aplicações de técnicas sensoriais estão no controlo da qualidade, desenvolvimento de produtos e pesquisa. A função principal do “sensorial” de testes sensoriais é realizar testes válidos e confiáveis, que forneçam dados em que as decisões de som possam ser feitas (Meilgaard *et al.*, 1999).

A aceitabilidade do consumidor tem sido relacionada com algumas características de sabor, por Porcherot e Issanchou (1998), e é extremamente importante na medição da textura dos alimentos porque não existe nenhum equipamento que consiga perceber, analisar, integrar e interpretar um largo número de sensações texturais ao mesmo tempo (Larmond, 1975 citado por Piteira, 2005).

2.5.1. Os Sentidos Humanos

As propriedades sensoriais são percebidas quando os seus órgãos sensoriais interagem com estímulos do mundo à nossa volta. Consequentemente, isto é importante para o profissional sensorial para ter alguma compreensão dos mecanismos biológicos envolvidos na percepção (Kemp *et al.*, 2009). Um esquema básico de cada sistema sensorial é descrito a seguir.

Visão

A aparência do objecto é determinada pelo sentido da visão (Kemp *et al.*, 2009) a qual fornece uma percepção integrada da aparência dos alimentos valorizando a cor, as características de superfície, o tamanho das partículas, a textura superficial, a uniformidade e a distribuição do pigmento (Sancho *et al.*, 1999).

A cor que é percebida num alimento depende, da composição do espectro da fonte de luz, das características físicas e químicas do alimento, da natureza, do fundo de iluminação e da sensibilidade do observador (Sancho *et al.*, 1999 citado por Monteiro, 2007). Este aspecto tem grande importância na apreciação dos alimentos, ajuda na discriminação do gosto e do cheiro, influenciando a preferência alimentar (Morales, 1994 citado por Monteiro, 2007).

As ondas de luz reflectidas por um objecto entram no olho e são reflectidas sobre a retina. A retina contém células receptoras que convertem a luz em impulsos neurais que viajam através do nervo óptico até o cérebro. O cérebro interpreta esses sinais e percebemos a aparência (cor, forma, tamanho, textura da superfície translucidez, etc.) do objecto (Kemp *et al.*, 2009).

Olfacto

As moléculas voláteis são sentidas pelos receptores olfactivos nos quais milhões de pêlos nasais cobrem o epitélio nasal (localizado no cimo da cavidade nasal). Consequentemente, para se sentir um odor ou aroma as moléculas têm de ser transportadas pelo ar até ao nariz, através da respiração (Kemp *et al.*, 2009).

O sentido do cheiro é mais complexo, anatómica e fisiologicamente, que o paladar. O ser humano reconhece milhares de cheiros mesmo em concentrações impossíveis de medir industrialmente, com o treino e desenvolvimento da memória olfactiva e sensibilidade. A sensação percebida dá resposta ao nervo olfactivo (Morales, 1994).

Tacto

O grupo de percepções geralmente descrito como o sentido do tacto pode ser dividida em: “Somesthesis”, “kinesthesis” e “chemesthesis”. A sensibilidade da superfície dos lábios, língua, face e as mãos é muito maior do que as outras áreas do corpo, resultando na facilidade de detecção de diferenças de pequena força, de tamanho de partículas e as diferenças térmicas e químicas da mão e manipulação oral de produtos (Meilgaard *et al.*, 1999).

Ao nível dos alimentos este órgão dos sentidos consiste no modo como se comporta na boca um alimento, sendo caracterizado organolepticamente como textura. A textura relaciona-se com a dureza, aderência, viscosidade, elasticidade e outras propriedades físicas dos alimentos (Sancho *et al.*, 2003). A sensação de dor pode ser causada por alimentos excessivamente frios, quentes, picantes ou quimicamente agressivos. Na percepção da temperatura, não existe consenso quanto à localização e diferenciação dos receptores, no entanto é importante na apreciação dos alimentos, uma vez que a variação da temperatura condiciona determinados efeitos de volatilidade das substâncias aromáticas, podendo provocar mudanças no gosto primário de um alimento (Morales, 1994).

Para que nós sejamos capazes de obter as percepções tácteis existem na pele uma série de terminações nervosas e corpúsculos, os receptores tácteis (Morales, 1994 citado por Monteiro 2007).

Audição

O som é detectado por milhões de células ciliadas do ouvido que são estimulados pela vibração do ar a partir de ondas sonoras. O barulho criado ao tocar ou acariciar objectos, tecidos, dá uma indicação de textura. O ruído emitido por alimentos durante as refeições contribui para a análise da textura de um alimento. Quando os consumidores consomem produtos alimentares, as ondas sonoras produzidas podem ser propagadas pelo ar ou ossos da mandíbula e do crânio. Este último é conhecido como intra-oral de percepção (Kemp *et al.*, 2009).

A audição exerce uma menor influência na valorização sensorial dos alimentos, mas alguns ruídos como o crepitar dos cereais secos, o do champanhe ou de bebidas gaseificadas, o som da preparação dos alimentos e ainda o ruído provocado pela mastigação têm alguma importância por via indirecta, exerce a sua influência ao captar os ruídos exteriores ao acto de prova, interferindo na capacidade de discriminação (Sancho *et al.*, 2003 citado por Monteiro, 2007).

Gustação

O sentido do gosto envolve a percepção de substâncias não voláteis que, quando dissolvido em água, óleo ou saliva, são detectados por receptores de sabor nas papilas gustativas localizadas na superfície das áreas de língua e outro da boca ou da garganta (Kemper *et al.*, 2009). Existe uma grande diversidade de gostos, embora estes constituam o resultado da combinação dos quatro gostos básicos: salgado, doce, amargo, ácido e umami (Figura 2.4) (Sancho *et al.*, 2003).

Em termos de sensibilidade não há diferença entre o salgado e o ácido, enquanto o doce e o amargo, além de serem distintos um do outro, não têm qualquer relação com os restantes (Sancho *et al.*, 2003). É um mito que apenas certas áreas da língua são sensíveis a gostos particulares, pois todas as áreas poderão identifica-los, no entanto, algumas áreas são mais sensíveis do que outras (Kemper *et al.*, 2009).

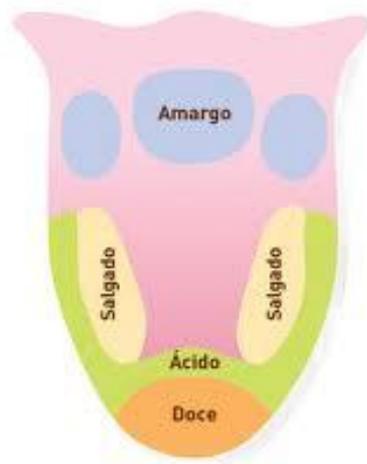


Figura 2.4 Áreas de sensibilidade das qualidades gustativas.

2.5.2. Métodos de Análise Sensorial

MÉTODOS ANALÍTICOS

Os métodos analíticos são usados laboratorialmente para a avaliação de diferenças, identificação e quantificação das características sensoriais do produto (Sancho *et al.*, 1999 citado por Monteiro, 2007). Subdividem-se em:

- Método Sensorial descritivo:

O método descritivo consiste em definir as propriedades do alimento e medi-las da maneira mais objectiva possível. Aqui não são importantes as preferências ou desgostos dos provadores, e não é importante saber se as diferenças entre as amostras que são detectadas, mas qual é a magnitude ou intensidade dos atributos do alimento. As provas descritivas, portanto, proporcionam muita mais informação sobre o produto que as outras provas (Amerine *et al.*, 1965 citados por Anzaldúa-Morales, 1994). Este método inclui os métodos de classificação de características e análise quantitativa.

- Método Sensorial discriminativo

O método sensorial discriminativo permite avaliar as diferenças sensoriais entre dois ou mais produtos. Dividem-se em:

- Diferenciais: Teste duo-trio/comparação múltipla, Teste triangular, Teste de ordenação;
- Sensitivos: Teste de limiar de sensibilidade e Teste de diluição.

Os testes discriminativos usam técnicas rápidas e podem ser realizadas por provadores inexperientes. Estes são usados frequentemente quando as amostras são consideradas confusas, isto é, as diferenças não são óbvias mas precisam de ser estudadas (Kemp *et al.*, 2009).

MÉTODOS AFECTIVOS

Os métodos afectivos são aqueles nos quais os provadores expressam a sua reacção subjectiva ao produto, indicando se gosta ou se desgosta, se o aceita ou rejeita, ou se prefere um ou outro (Larmond, 1977 citado por Anzaldúa-Morales, 1994). Usam metodologias tanto qualitativas como quantitativas, pesquisas sobre as preferências dos consumidores, atitudes, opiniões, comportamentos e percepções relativas aos produtos (Kemp *et al.*, 2009), sendo as provas que apresentam maior variabilidade nos resultados e são mais difíceis de interpretar (Amerine *et al.*, 1965; Anzaldúa-Morales & Brennan, 1984 citados por Anzaldúa-Morales, 1994).

As provas afectivas podem classificar-se em três tipos: Provas de Aceitação, Provas de Agrado ou Satisfação e Provas de Preferência. De entre os diferentes tipos de prova salientamos as Provas de Preferência:

Provas de Preferência

Nas provas de preferência dá-se a conhecer se os provadores preferem uma certa amostra ou outra. Esta prova é similar a uma prova discriminativa de comparação pareada simples (Larmond, 1977 citado por Anzaldúa-Morales, 1994), mas com a diferença, de que em uma prova de preferência não se procura determinar se os provadores possam fazer distinção entre duas amostras – onde não importam os seus gostos pessoais – mas nas quais se pretende avaliar se realmente preferem determinada amostra.

A prova é muito simples e consiste nada mais em pedir aos provadores que digam qual das amostras preferem (Anzaldúa-Morales, 1994).

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A estatística não é um ramo da matemática onde se investigam os processos de obtenção, organização e análise de dados sobre uma determinada população. Ela é uma ciência multidisciplinar, que permite a análise estatística de dados de um físico (Marcelino, s/ data).

Rao (1999) citado por Marcelino (s/ data), considera a estatística como uma ciência que estuda e pesquisa sobre o levantamento de dados, com a máxima quantidade de informação possível para um dado custo; o processamento de dados para a quantificação da quantidade de incerteza existente na resposta para um determinado problema; a tomada de decisões sob condições de incerteza sob o menor risco possível (www-5) Considera também, que a estatística tem sido utilizada na pesquisa científica para a otimização de recursos económicos, para o aumento da qualidade e produtividade, na otimização em análise de decisões, em questões judiciais, previsões e em muitas outras áreas. Por outro lado, Ramos (2007) considera que os métodos estatísticos modernos formam uma mistura de ciência, tecnologia e lógica para os problemas de várias áreas do conhecimento humano sejam investigados e solucionados. Refere ainda que a análise estatística é reconhecida como um campo da ciência e é uma tecnologia quantitativa para a ciência experimental e observacional em que se pode avaliar e estudar as incertezas e os efeitos de algum planeamento e observações de fenómenos da natureza e principalmente os da sociedade (www-6).

2.6.1. Coeficiente de correlação de Pearson (r)

O coeficiente de correlação de Pearson (r) tem esta atribuição por ser comum conferir exclusivamente a Karl Pearson o desenvolvimento desta estatística, no entanto, a origem deste coeficiente remonta ao trabalho desenvolvido por Karl Pearson e Francis Galton (Stanton, 2001).

Variadas são as atribuições dadas por diferentes autores para caracterizar esta correlação, contudo em uma frase Stanton (2001), descreve o coeficiente de correlação de Pearson (r) como uma medida de associação linear entre variáveis, sendo representada pela seguinte fórmula:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{S_y} \right)$$

O coeficiente de correlação de Pearson (r) varia de -1 a 1, no qual o sinal indica a direcção positiva ou negativa da relação e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que, quanto mais perto de 1 (independentemente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis. Enquanto, quanto mais próximo for de zero, menor é a força dessa relação.

Moore e McCabe, delinearam algumas propriedades do coeficiente e as condições que têm de ser respeitadas para realizar a análise da correlação. De entre as diversas propriedades destacam-se as seguintes:

1. O coeficiente de relação de Pearson não diferencia entre variáveis independentes e variáveis dependentes;
2. O valor da correlação não muda ao ser alterada a unidade de mensuração das variáveis;
3. O coeficiente tem um carácter adimensional, ou seja, ele é desprovido de unidade física que o defina;
4. A correlação exige que as variáveis sejam quantitativas (contínuas ou discretas).

2.6.2. Análise multivariada

A análise multivariada consiste num conjunto de métodos que permite a análise simultânea de múltiplas medidas para cada indivíduo ou objecto em análise, ou seja, consiste em qualquer método que permita a análise simultânea de duas ou mais variáveis (www-7).

Análise de componentes principais (PCA) e Análise de Cluster

A Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica estatística utilizada para reduzir a dimensão de um conjunto de dados onde há um grande número de variáveis inter-relacionadas. Essa diminuição dá-se pela obtenção de um novo e reduzido conjunto de variáveis não correlacionadas, designadas componentes principais, que são ordenados de forma que os primeiros preservam a maior parte da variância presente nas variáveis originais.

A análise de Cluster é uma forma de agrupar dados, numa base de dados, de forma a criar classes com elementos que se aproximam o máximo possível entre os elementos de

uma mesma classe e que são distantes o máximo possível dos elementos de outra classe (www-8).

2.6.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental é uma estratégia metodológica que visa testar hipóteses. A sua concepção básica corresponde às experiências realizados em laboratório, amplamente utilizadas nas pesquisas das áreas da medicina e agrícola.

Este método permite identificar uma relação de causalidade entre as variáveis do domínio da experiência e os efeitos observados (www-9).

Response Surface Methodology (RSM)

A Metodologia de Superfície de Resposta (RSM) é uma colecção de técnicas matemáticas e estatísticas para a construção de um modelo empírico. Através do projecto cuidadoso de experiências, o objectivo é otimizar uma resposta (variável de saída), que é influenciada por várias variáveis independentes (variáveis de entrada). Uma experiência consiste numa série de testes, chamados “corridas”, no qual são feitas alterações nas variáveis de entrada, a fim de identificar as razões para mudanças na resposta de saída (www-10).

Originalmente, RSM foi desenvolvido para respostas modelo experimental (Box e Draper, 1987), e em seguida migraram para a modelação de simulações numéricas. A diferença reside no tipo de erro gerada pela resposta. Em experiências físicas, a imprecisão pode ser devido, por exemplo, erros de medição, enquanto, em experiências no computador, o ruído é um resultado numérico de convergência incompleta dos processos interactivos, erros de arredondamento ou a representação discreta de fenómenos físicos contínuos (Giunta *et al.*, 1996; van Campen *et al.*, 1990, Toropov *et al.*, 1996.). Em RSM, os erros são assumidos como aleatórios (www-10).

3. PARTE EXPERIMENTAL



3. PARTE EXPERIMENTAL

Para a caracterização das bolachas Maria procedeu-se à realização de algumas análises de modo a permitir identificar e estabelecer diferenças entre as mesmas.

3.1. MATERIAIS

Os produtos analisados foram bolachas do Tipo Maria de oito marcas diferentes, sendo quatro do tipo marca própria ou vulgarmente conhecida por marca branca, codificadas com as letras de A a D, três do tipo marca do produtor, codificadas de G a I e um tipo de marca espanhola, codificada com a letra K.

3.2. DIMENSÕES

Devido à importância das propriedades físicas para a qualidade das bolachas, procedeu-se à caracterização física das bolachas Maria, quanto às dimensões (volume e densidade), textura, cor e actividade da água e isotérmicas de sorção.

Volume

No que concerne à determinação do volume, este foi calculado pela seguinte equação:

$$V = 3,14 * r^2 * h$$

onde,

r é o raio;

h é a altura.

Para a análise das dimensões (volume e densidade) das bolachas em estudo, determinaram-se as medidas: espessura, diâmetro/raio e peso, com o auxílio de um paquímetro (caveira) e de uma régua graduada, a 15 bolachas de cada marca em estudo, as quais foram também pesadas em balança de precisão.

Densidade

A densidade de um material de geometria regular pode ser determinada pela razão entre a sua massa medida e o seu volume calculado através das suas dimensões. Segundo Matuda (2008), este método não é indicado para matérias moles, pós, líquidos e de formatos irregulares, como a massa de pão, que necessitam de auxílio de um picnómetro para determinação de volume. Entre os vários métodos existentes o mais usado na medição de densidade aparente dos produtos de panificação é o deslocamento de sementes painço (Ribeiro, 2009).

A densidade real (ρ) define-se como sendo a relação entre a massa e o volume de um material (Matuda, 2008):

$$d = \frac{m}{V}$$

onde,

d é a densidade (g/cm³);

m a massa (g);

V o volume (cm³).

3.3. COR

A cor foi analisada por um colorímetro “Chroma Meter Cr-400” (Konica-Minolta, Japão), usando um iluminante D65, tendo os resultados sido expressos em coordenadas do sistema CIE Lab. A calibração do aparelho foi efectuada, antes das utilizações, através de uma leitura sobre um azulejo branco padrão. As leituras foram efectuadas nas superfícies das bolachas, num total de 30 repetições por amostra.

3.4. ANÁLISE ELEMENTAR

Na Tabela 3.1 estão representados os valores declarados sobre as propriedades químicas das bolachas do Tipo Maria estudadas e que se encontram nos rótulos das respectivas embalagens, podendo ser facilmente consultados. Os parâmetros em que não surge informação correspondem a amostras cujo fabricante não facultou informação sobre a sua composição.

Tabela 3.1 Valores declarados da composição química centesimal das bolachas do Tipo Maria de marca própria, de marca do produtor e de marca espanhola.

Tipo de Marca	Origem	Código	Valor Energético	Proteínas	Hidratos de Carbono		Lípidos		Fibra	Sódio	Sal
			kcal	%	%	% Açúcar	%	% Saturados	%	%	%
Própria (Branca)	Portugal	A	447	7,0	80,0	25,0	10,5	5,0	2,0	0,40	1,02
	Portugal	B	427	7,3	82	26,4	7,5	3,3	1	0,3	0,8
	Portugal	C	438	7,7	80,8	23	9,3	4,4	1,5	0,4	0,9
	Portugal	D	420	7,3	79	25,1	7,9	3,5	1,8	0,324	0,8
Produtor	Portugal	G	443	6,9	77	19	12	5,7	1,9	0,19	---
	Portugal	H	425	8,3	76,3	19,8	9,0	4,3	2,9	0,46	1,2
	Portugal	I	427	7,0	79	---	9,0	---	---	---	---
Outra	Espanha	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fonte: Especificações dos fornecedores nas embalagens das bolachas, por cada 100 g de produto.

Os produtos foram analisados quanto ao teor em Humidade, Cinza, Proteína, Gordura, Fibra e Hidratos de Carbono.

Para a determinação do teor de humidade, cinza, proteína e gordura foram usados os métodos da Associação de Químicos Analíticos Oficiais (AOAC 2000).

A determinação de humidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. No processo de secagem essa determinação é fundamental. A humidade de um alimento está relacionada com a sua estabilidade, qualidade e composição (Park & António, 2006).

O teor em humidade foi determinado em bolachas retiradas da embalagem no momento da abertura, em amostras de 2 g de bolachas moídas e pesadas em placas de vidro e secas, pela perda de massa da amostra até peso constante, numa estufa com circulação de ar a 103 ± 2 °C, até massa constante (NP 2966, 1993).

O teor de cinza foi determinado por gravimetria, sendo considerada a cinza (total) como o resíduo obtido após a incineração de matéria orgânica (Greenfield & Southgate

(2003)). Por via seca, os alimentos são incinerados num cadinho, geralmente de silicone, porcelana ou platina (o material mais caro, mas o menos reactivo). A matriz alimentar deve ser destruída por aquecimento suave em mufla a 500 °C para evitar a formação de espuma de lípidos (e açúcares), até que seja produzido um resíduo branco ou cinza claro. O aquecimento acima de 500 °C pode originar a perda de metais alcalinos. Para determinar o teor de cinzas foram pesadas as amostras numa quantidade de 2 g, as quais foram colocadas em cadinho previamente calcinado a 500±25 °C e arrefecido em exsiccador, e colocado o conjunto a calcinar na mufla até se obter um resíduo branco.

Uma série de métodos directos para análise de proteínas têm sido desenvolvidos para determinados alimentos com base em reacções que envolvem grupos funcionais específicos dos aminoácidos presentes. Na determinação da proteína, é realizada a hidrólise ácida da proteína e, em seguida, a separação cromatográfica da mistura de aminoácidos nos seus componentes. Da quantidade de cada aminoácido é deduzida a sua parte da proteína. Num tubo de Kjeldahl, foi colocado 1 g de amostra com 10 ml de ácido sulfúrico e 1 ml de solução de sulfato de cobre, que foi aquecido até descoloração completa. Quando arrefecido, adicionaram-se 50 ml de água e foi colocado no aparelho de destilação, ao qual foi posteriormente adicionado 50 ml de NaOH 40 %. No aparelho de destilação foi colocado para recolher o destilado, um balão de Erlenmeyer com 20 ml de ácido bórico [1%] e uma gota de indicador misto (mistura de 0,5g de vermelho bromocresol com 0,1g de vermelho de metilo num balão de 100 ml e perfazer o volume com álcool a 95 °C). Depois da destilação, titulou-se o destilado com HCl [0,1 N].

O teor de gordura (total) refere-se ao total de lípidos nos géneros alimentícios, incluindo triacilgliceróis, mas os valores são altamente dependentes do método utilizado. Entende-se por gordura bruta a fracção da amostra extraída por um solvente orgânico num extractor de Soxhlet (NP 4168, 1991), tendo sido este o método utilizado para a sua determinação no presente trabalho. Sendo a gordura um dos ingredientes principais que afectam a textura do biscoito foi importante a sua determinação.

A determinação do teor de gordura baseou-se na obtenção da fracção da amostra extraída por um solvente orgânico em aparelho de Soxhlet. Pesou-se um balão, previamente seco em estufa cerca de 103±2 °C, ao qual se adicionou, posteriormente, éter de petróleo. Num cartucho de filtro de papel colocaram-se 10 g de amostra, que foi introduzido no extractor. Procedeu-se à extracção durante um período de 8 horas, tempo que se revelou suficiente para a extracção após alguns ensaios realizados para este efeito. Posteriormente foi recuperado o solvente. Após evaporação o balão do solvente é colocado numa estufa a 103±2 °C, sendo depois pesado.

A fibra bruta foi determinada pelo método AOAC, devido ao rigor e precisão nos resultados que se obtêm. A determinação da fibra por este método baseia-se na dissolução da amostra, sucessivamente em solução ácida, básica e acetona, sendo que o resíduo não dissolvido constitui a fibra. Este é um método complexo, em que se colocaram cadinhos filtrantes durante duas horas numa estufa para secarem. Após secos, arrefecidos e pesados colocou-se 1 g de amostra em cada cadinho filtrante os quais foram introduzidos no “Dosi-fiber”, que foi accionado, verificando as válvulas e circuito de refrigeração. Através da parte superior do equipamento adicionaram-se 150 ml de solução de H₂SO₄ (1,25 %), que após aquecimento e sua ebulição procedeu-se à aspiração de cada tubo seguidos da lavagem com água destilada. Após este procedimento, e de se fechar o sistema adicionaram-se os 150 ml de NaOH (1,25 %), repetindo o aquecimento e ebulição, seguidos da aspiração e conseqüente lavagem com água destilada. Retiraram-se os cadinhos do “Dosi-fiber” que após lavados com acetona, na bomba de vácuo, foram secos a 104 °C durante uma noite. Após este passo, arrefeceram-se, pesaram-se e colocaram-se na mufla a 550 °C durante três horas, tendo sido depois arrefecidos e pesados.

Os Hidratos de Carbono são poliidroxialdeídos ou poliidroxicetonas ou substâncias que libertam esses compostos por hidrólise. Nas tabelas de composição de alimentos, o teor em hidratos de carbono tem sido dado como hidratos de carbono totais por diferença, de acordo com a seguinte equação (Vicenzi, sd):

$$\% \text{ HC} = 100 - (\% \text{ P} + \% \text{ G} + \% \text{ C} + \% \text{ F}),$$

onde:

% P: percentagem de proteínas em matéria seca

% G: percentagem de gordura em matéria seca

% F: percentagem de fibra bruta em matéria seca

Segundo Greenfield e Southgate (2003) não existe um único método que atenda às recomendações da revisão WHO/FAO (1998).

Todas as determinações foram realizadas em triplicado, para uma maior fiabilidade dos resultados.

3.5. ACTIVIDADE DA ÁGUA E ISOTÉRMICAS DE SORÇÃO

A determinação da actividade da água efectuou-se através da colocação das amostras dentro de frascos contendo sais saturados, a temperaturas de 25 °C e 40 °C, por um tempo suficientemente longo para permitir que se atingisse o equilíbrio (5 dias). Através da determinação do teor de humidade e da actividade da água (a_w), realizada com um higrómetro “Hygroskop Bt-RS1” da Rotronic, foram traçadas as curvas de adsorção.

3.6. TEXTURA

A textura foi determinada a 20 ± 2 °C através da utilização de um texturómetro “Texture Analyser”, modelo “TA.XT Plus” da “Stable Microsystems”, do Reino Unido e a calibração do texturómetro feita com o auxílio de uma célula de carga de 5 kg. Foi seleccionada a sonda de alumínio P/75, de 75 mm de diâmetro e uma velocidade de teste de 0,5 mm/s. As amostras foram sempre colocadas com a parte superior para cima e efectuaram-se diversas repetições por cada marca de bolachas. A partir do traçado das curvas força/tempo calcularam-se diversos parâmetros como a fracturabilidade, adesividade, coesividade e a força máxima de compressão, a dureza.

3.7. ANÁLISE SENSORIAL

As propriedades sensoriais são preponderantes na escolha dos produtos a consumir, e neste caso na escolha da marca de bolacha Maria que prefere, de acordo com as características que apresentam.

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que têm origem nas reacções fisiológicas e resultam de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. Para que tal aconteça é necessário que haja contacto e interacção entre os indivíduos e as amostras em estudo. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desagrado em relação ao produto avaliado. Nesta avaliação, os indivíduos, por meio dos próprios órgãos sensoriais, numa percepção sonato-sensorial, utilizam os sentidos da visão, olfacto, audição, tacto e gosto (Zenebon *et al.*, 2008).

O método de análise sensorial utilizado neste trabalho foi o teste de preferências de escala hedónica. Trata-se de um teste subjectivo que mede a aceitação dos consumidores e respectivamente a preferência pelos produtos. Este tipo de teste sensorial consiste em apresentar aos provadores as amostras, questionando-os sobre a preferência entre as diferentes amostras, segundo uma escala estabelecida. Os pontos da escala são distinguidos verbalmente, de modo que possam ser associados a valores numéricos, possibilitando a análise estatística dos resultados. Na escala hedónica, o provador expressa a sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala previamente estabelecida que varia gradativamente, com base nos atributos expressando a sua intensidade.

As matérias-primas utilizadas para a determinação das características sensoriais foram as oito amostras de bolachas Maria em estudo, colocadas em recipientes individuais e devidamente codificadas. Foi também fornecido um copo com água para possibilitar a eliminação de possíveis sabores adquiridos durante as provas das amostras.

O painel sensorial foi composto por um total de 90 participantes, com idades compreendidas entre 17 e 62 anos (figura 3.1), tendo sido recrutados na comunidade escolar da Escola Superior Agrária de Viseu e na cidade de Viseu. O painel é composto por 29 indivíduos do sexo masculino e 61 do sexo feminino (figura 3.2), os quais apresentam diversas ocupações como se pode observar na figura 3.3.

As amostras foram codificadas com 3 dígitos (uma letra e dois números), distribuídas e degustadas à temperatura de 20 ± 2 °C.

Foram distribuídos por cada cabine de prova os seguintes materiais de análise:

- uma bolacha inteira (uma amostra);
- um guardanapo;
- um copo de água;
- uma caneta;
- uma ficha de prova.

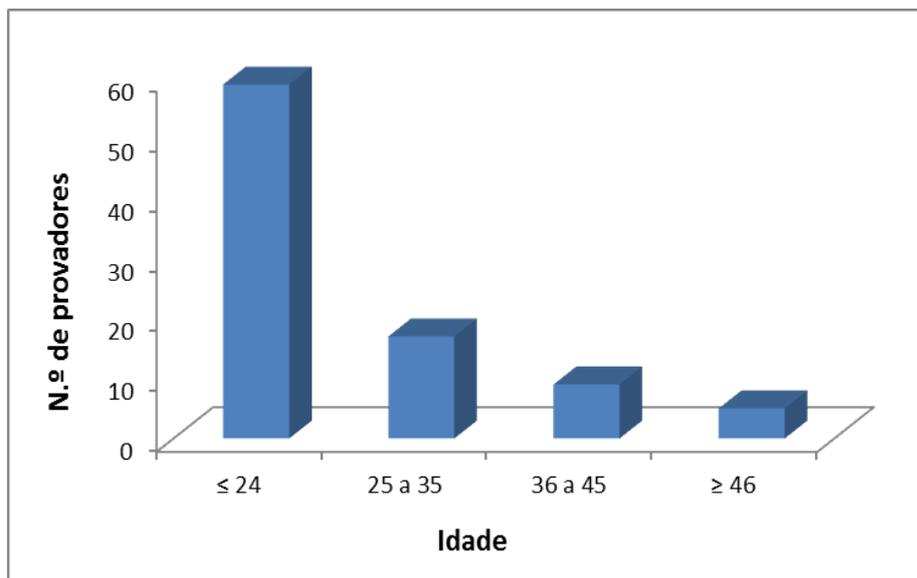


Figura 3.1 Distribuição de frequências de idades do painel de provedores.

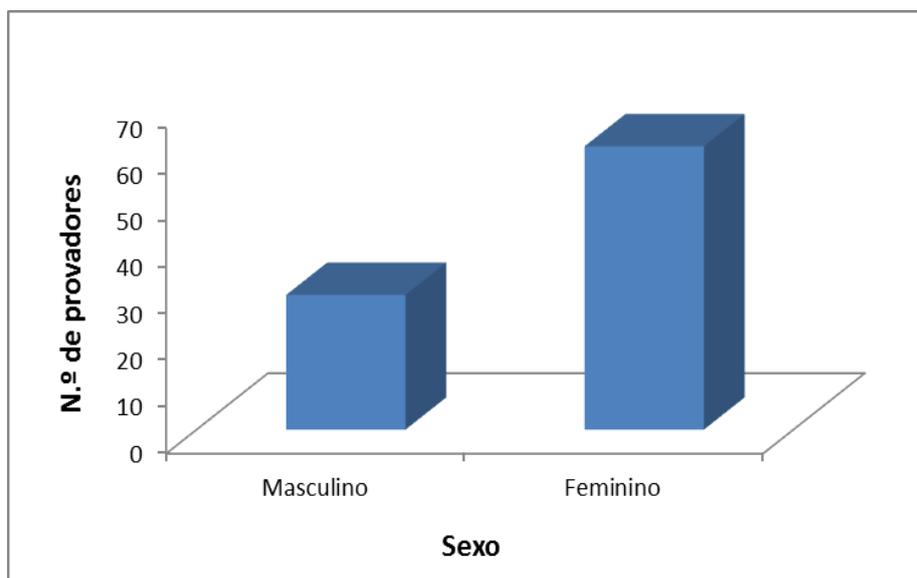


Figura 3.2 Distribuição de género do painel de provedores pelo painel de amostras.

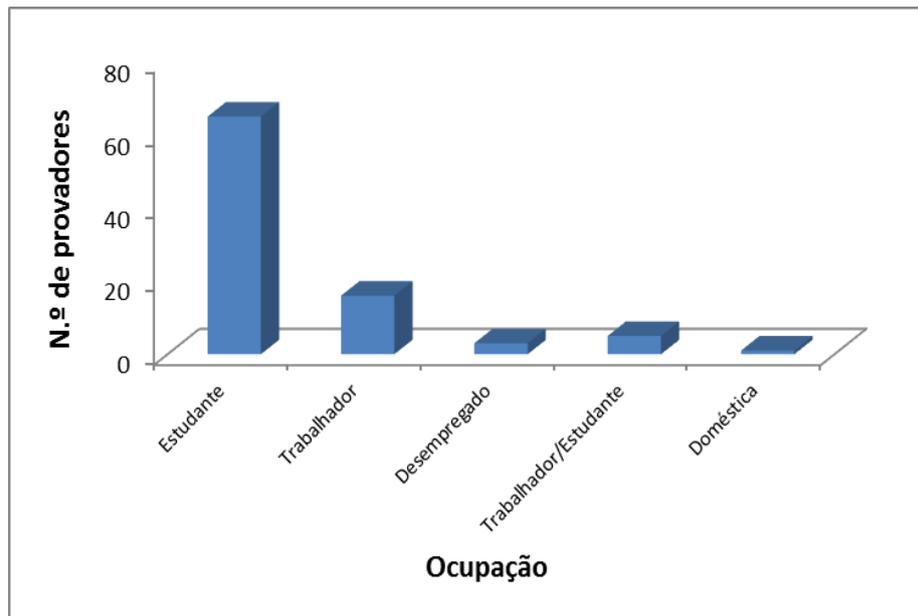


Figura 3.3 Distribuição do painel de provadores pelo painel de amostras.

Na análise sensorial submeteram-se as amostras de bolachas Maria à avaliação dos provadores para avaliarem sensorialmente as bolachas de diferentes marcas do tipo Maria. O painel de provadores nas suas cabines individuais efectuaram as provas preenchendo uma ficha de avaliação organoléptica para avaliar o produto (Esteves, 2006 citado por Monteiro 2007), avaliando os seguintes atributos (ficha de prova em anexo, Anexo 2):

- Visuais
 - Intensidade da cor e homogeneidade da cor;
 - Rugosidade da superfície;
- Olfactivos:
 - Intensidade do aroma, aroma a baunilha, aroma a cereal;
- Textura: dureza e crocância;
- Paladar: intensidade de sabor, sabor a doce, sabor a manteiga, sabor a baunilha.
- Apreciação global.

Os provadores expressaram a intensidade de cada atributo, recorrendo a uma escala onde expressões verbais escritas foram convertidas em valores numéricos, de forma a permitir a análise estatística dos resultados. A escala de valores da ficha de avaliação sensorial usada variou de 0 a 10, de acordo com a seguinte denominação: 0 menor intensidade, 10 maior intensidade (Anexo 7.10).

3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados com o auxílio do software SPSS® para o Windows versão 19.0 e Statistic® versão 6., tendo sido realizado o teste de análise de variância “one-way” (ANOVA). A comparação das diferenças significativas das médias para todos os parâmetros foram testadas pelo teste de Tuckey HSD tendo-se calculado os coeficientes de correlação (r) de Pearson para a determinação das relações existentes entre as diversas propriedades avaliadas.

Os valores obtidos das características das bolachas em estudo foram sujeitos a uma análise de componentes principais (PCA) e uma análise de Cluster para se poder observar as diferenças e semelhanças das diferentes amostras.

O nível de significância usado para todos os testes estatísticos em questão foi de 95%.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS



4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. DIMENSÕES

Na análise da densidade nas bolachas (ver Tabela 4.1), de modo geral as amostras de marca própria apresentam um volume inferior relativamente às amostras de marca do produtor e de marca espanhola. Na sua generalidade as amostras diferem muito, com a exceção das amostras C e K ($29,89 \text{ cm}^3$ e $29,79 \text{ cm}^3$) que são significativamente semelhantes. Dentro das amostras de marca própria, a amostra C com um volume de $29,89 \text{ cm}^3$, destaca-se das restantes amostras com o maior volume. Nas marcas do produtor e marca espanhola, os valores de volume são superiores variando entre os $27,95 \text{ cm}^3$ e os $30,87 \text{ cm}^3$.

Quanto ao peso da bolacha a amostra K é significativamente diferente das restantes, com um valor muito elevado, 6,66 g. As amostras A e C, D e I, G e H, respectivamente, são significativamente semelhantes, revelando valores muito semelhantes em termos de peso.

O grupo das amostras de marca própria regista na generalidade das suas amostras maiores valores de densidade, a variarem entre os $0,192 \text{ g/cm}^3$ e os $0,310 \text{ g/cm}^3$. Verificou-se que a amostra A foi a que se revelou mais densa assim como a amostra D (de marca branca), as quais são significativamente semelhantes. Estas amostras verificaram valores de dureza elevada. Nestas amostras quanto maior for a densidade maior tendência haverá para valores mais elevados de dureza, por consequência a mastigabilidade, a coesividade e a elasticidade que devido à forte correlação que elas demonstram também registaram essa tendência. As amostras C e H revelam uma semelhança significativa no que concerne à densidade, sendo as restantes amostras significativamente diferentes entre si.

As variáveis densidade e peso revelam uma correlação fraca, quer positiva quer negativamente, com os parâmetros químicos. A densidade e o volume apresentam uma correlação fortemente negativa, 0,970, já que são valores inversamente proporcionais e dependentes um do outro. O peso das bolachas, com a característica gordura revela uma correlação fortemente positiva (correlação de 0,819, tal como se pode observar no anexo 7.2), uma vez que a adição de gorduras na formulação das bolachas influencia o seu peso final.

Tabela 4.1 Valores médios e desvio padrão das medições associadas à densidade das 8 marcas das bolachas do Tipo Maria em estudo.

Tipo de Marca	Amostras n=15	Volume da fatia (cm ³)	Peso da bolacha (g)	Densidade (g/cm ³)
Própria (Branca)	A	18,66± 0,43e*	5,78± 0,08d	0,310± 0,00e
	B	19,92± 0,65d	5,52± 0,15b	0,277± 0,00a
	C	29,89± 0,61g	5,75± 0,07d	0,192± 0,00f
	D	17,00± 0,93f	5,19± 0,08e	0,306± 0,01e
Produtor	G	27,95± 0,38c	6,00± 0,05c	0,215± 0,00c
	H	30,87± 0,83a	6,00± 0,07c	0,194± 0,01f
	I	29,05± 0,34b	5,23± 0,11e	0,180± 0,00d
Espanhola	K	29,79± 0,42g	6,66± 0,35a	0,224± 0,01b

* Médias marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

4.2. COR

A cor é um dos parâmetros utilizados para o controlo do processo durante a torrefacção, porque os pigmentos castanhos aumentam à medida que o escurecimento e reacções caramelização progridem (Moss & Otten, 1989). Têm sido relatados inúmeros factores que afectam o desenvolvimento de cores da superfície do produto, incluindo temperatura, velocidade do ar, humidade e transferência individual de calor da amostra (Shibukawa *et al.*, 1989).

Da análise geral dos valores médios e do desvio padrão das determinações da cor das bolachas do Tipo Maria em estudo, da Figura 4.1, obtiveram-se valores de luminosidade e dos parâmetros a^* e b^* situados na parte positiva do espectro, $+L^*$, $+a^*$ e $+b^*$. Da análise dos valores atesta-se que a luminosidade varia entre 53,65 (amostra C) e 71,34 (amostra H) na parte superior da bolacha e 60,31 (amostra D) e 78,66 (amostra A) na parte inferior. No que concerne à coordenada a^* , na parte superior a variância de valores situa-se entre os 7,86 (amostra B) e os 13,39 (amostra K), e na parte inferior, 4,12 (amostra A) e 12,37 (amostra C). A coordenada b^* varia entre 30,47 (amostra C) a 34,51 (amostra H) na parte superior da bolacha e na base entre os 29,23 (amostra A) e os 34,82 (amostra H).

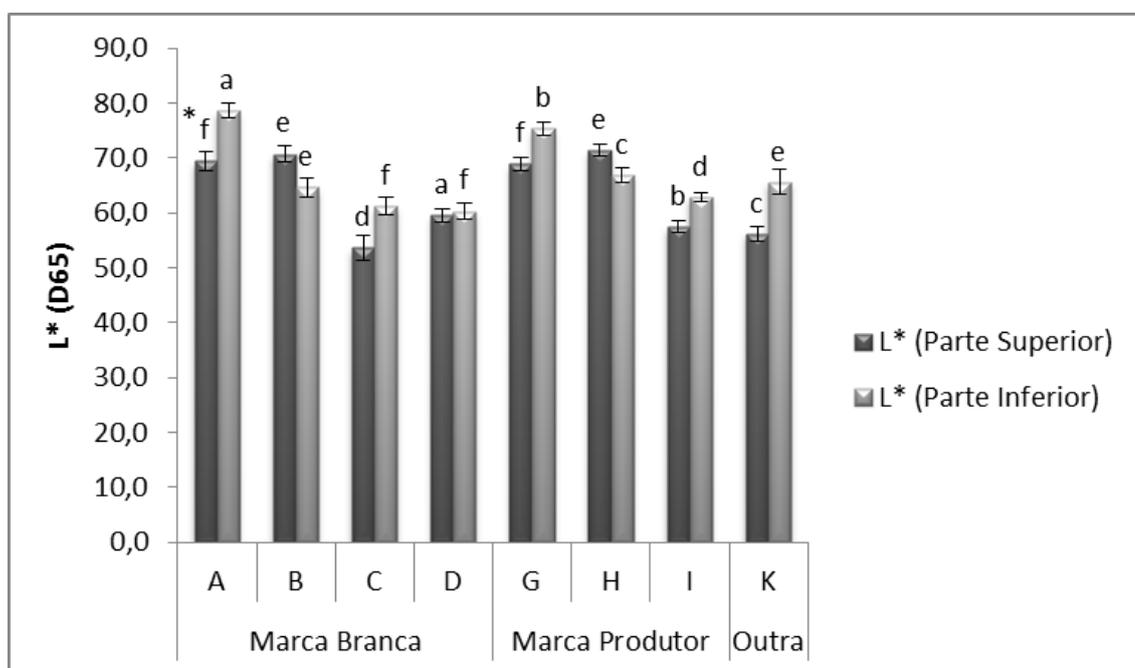


Figura 4.1 Valores médios e desvio padrão da determinação do parâmetro L^* – Luminosidade – das partes superior e inferior, das amostras de bolachas Maria em estudo.

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Constata-se a partir da Figura 4.1 que de um modo geral o parâmetro L^* na parte superior revela valores inferiores de luminosidade, tonalidade mais escura. De forma mais particular, as amostras A, C, G, I e K apresentam valores de luminosidade inferiores na parte superior da bolacha do que na sua base, ou seja, estas amostras são mais claras na parte inferior. Este resultado pode ser indicador da existência de cor mais acastanhada na parte superior da bolacha, devida ao processo de cozedura e ao contacto com o ar quente, o qual se encontrava com temperatura mais elevada que o tapete do forno, na parte de cima da bolacha. A cor da crosta é o resultado da caramelização e da reacção de Maillard que depende do teor de açúcares redutores e aminoácidos ou proteínas na superfície, da temperatura e tempo de cozedura (Cauvin, S. & Young, L, 2006). Nas restantes amostras, B, D e H, verifica-se o inverso da situação anterior, a parte superior da bolacha apresenta maiores valores de luminosidade do que a parte inferior. Nestes casos, poderá ter sido devido ao tabuleiro ou a banda onde foram cozidas as bolachas se encontrar mais quente, já que este tipo de amostras apresenta uma estrutura pequena e fina, sendo rapidamente cozidas a altas temperaturas. Apesar de tudo, na amostra D não existe diferença significativa de valores de luminosidade, o que é indicador de uma grande uniformidade de temperaturas durante a operação do cozimento. Da análise da luminosidade na parte superior das bolachas obteve-se que apenas as amostras B e H e as amostras A e G, respectivamente, são significativamente semelhantes, não havendo semelhanças entre as restantes amostras. Na parte inferior das bolachas as amostras significativamente semelhantes são a B e a K, e as amostras C e D, respectivamente.

A correlação verificada entre a luminosidade na parte inferior e os hidratos de carbono é fortemente negativa, $-0,838$ (ver anexo 7.3), estando estes dois parâmetros inversamente correlacionados. Por sua vez os hidratos de carbono e a coordenada a^* da parte inferior da bolacha revela uma correlação forte, de $0,727$, sendo que os hidratos de carbono apresentam influência sobre as cores representadas por esta coordenada (do verde ao vermelho).

As diferenças observadas nos valores de amostra L^* podem ser devidas à redução de tratamentos e aos seus coeficientes de transferência de calor inerentes como a temperatura, velocidade do ar e humidade que foram constantes ao longo do cozimento para todas as amostras de biscoito. Resultados semelhantes foram relatados por Goldstein & Seetharaman (2011).

Na generalidade os valores da coordenada a^* da parte superior são superiores, variando entre 7,86 (amostra B) e 13,39 (amostra K), comparando com os da mesma coordenada da parte inferior, 4,12 (amostra A) e 12,37 (amostra C), respectivamente.

As amostras analisadas que apresentaram valores inferiores de luminosidade, respectivamente, A, C, G, I e K, revelaram uma relação com o valor da coordenada a^* (vermelho), ou seja, nestas amostras registaram-se valores mais elevados de tonalidade avermelhada na parte superior da bolacha, comparativamente com a parte inferior das mesmas amostras, como se pode observar na Figura 4.2. Este efeito é devido à pigmentação vermelha resultante do decorrer das reacções de caramelização, que consequentemente originaram um maior escurecimento. Nas amostras B, D e H verifica-se que valores do vermelho são muito mais baixos na parte superior (B=7,86, D=10,23, H=7,98) do que os registados na parte inferior, nas amostras B (11,33) e H (10,68). A amostra D é a que apresenta a menor diferença de valores quando comparada com as partes superior e inferior (o mesmo já se havia registado com os valores de luminosidade). Nas amostras B e H as reacções de caramelização que atribuem a pigmentação são mais notórias na base das bolachas.

A coordenada a^* , na parte superior, e a luminosidade L^* superior, apresentam uma correlação de -0,946, é fortemente negativa, enquanto na coordenada a^* inferior e luminosidade L^* inferior, a correlação verificada também é fortemente negativa, -0,978. A intensidade da cor percebida pelos provadores é claramente influenciada pela luminosidade da parte superior da bolacha assim como pela coordenada a^* , a qual atribui a tonalidade à crosta da bolacha, estando estas variáveis inversamente correlacionadas. A cor da bolacha será mais intensa quanto menor for a luminosidade da mesma.

Na amostra A existe maior diferença nos valores da coordenada a^* , entre a parte superior e a parte inferior, enquanto a amostra D revela a variação mais pequena.

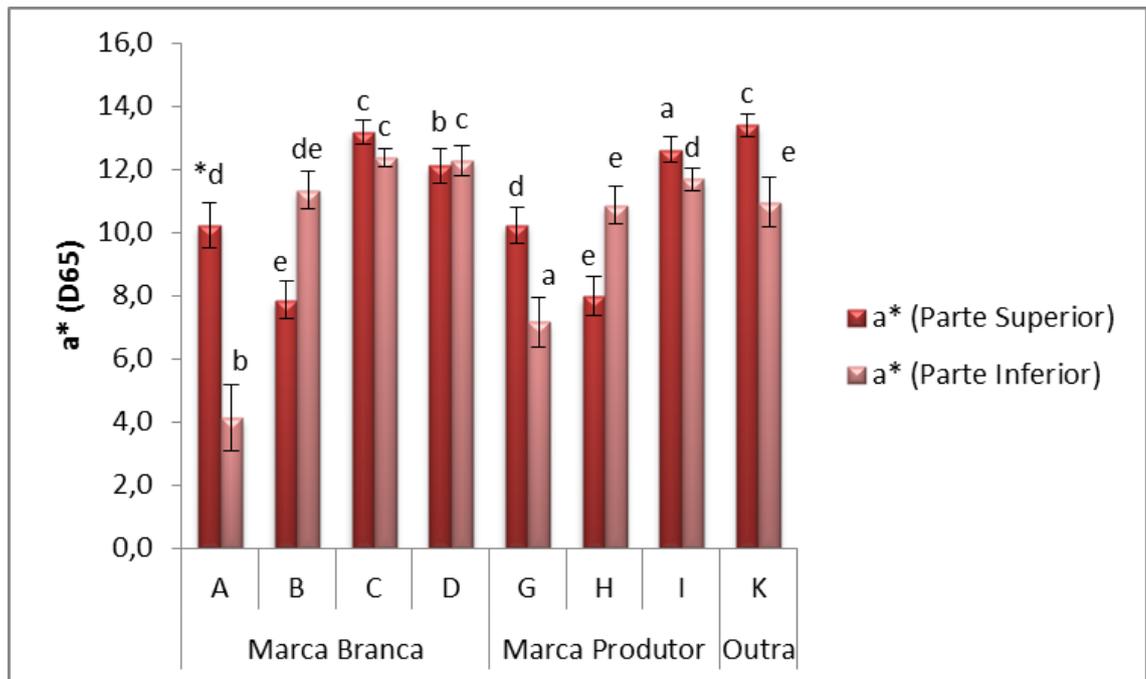


Figura 4.2 Valores médios e desvio padrão da determinação do parâmetro a^* – cromaticidade – das partes superior e inferior, das amostras de bolachas Maria em estudo.

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Da observação da Figura 4.3, relativamente a este parâmetro da coordenada b^* , apura-se que a maior diferença entre as bolachas, é na parte superior da bolacha, na qual os valores variam 30,47 e 34,51. Verifica-se quanto aos valores da coordenada b^* (amarelo) que, a variância de valores entre a parte superior e inferior ocorre numa escala de valores muito próximos. Ainda assim exceptuando as amostras A (29,23) e G (30,93), na parte inferior os valores de amarelo foram mais elevados na parte inferior das amostras. Nas amostras A e G, o registo do colorímetro traduziu elevados valores de amarelo na parte superior contrariamente às restantes. Ainda assim, na parte superior da bolacha apenas as amostras A (33,93) e K (33,91) e nas amostras D (31,26) e I (31,11) apresentam valores significativamente semelhantes. Sendo que na parte inferior, há semelhança nas amostras H e K, C e I, I e B, B e D, D e G, respectivamente, apenas a amostra A não revela semelhança de valores com alguma das amostras em estudo.

A variável humidade revela uma correlação fortemente positiva com a coordenada b^* da superfície da bolacha, mostrando que o teor de humidade influencia a variância das cores no espectro do azul ao amarelo. Quanto maior for o teor de humidade, maior será a migração de compostos mais simples, como os açúcares, que a temperaturas elevadas sofrem a caramelização, resultando na presença de cor mais amarela/castanha na parte superior da bolacha.

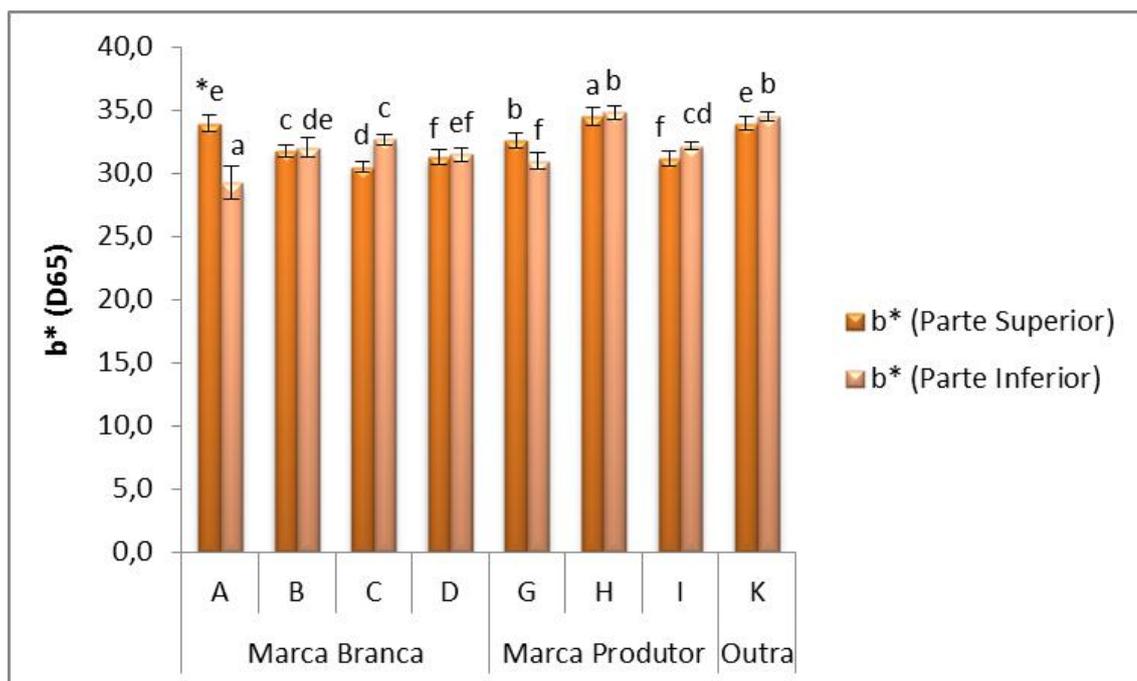


Figura 4.3 Valores médios e desvio padrão da determinação do parâmetro b^* – cromaticidade – das partes superior e inferior, das amostras de bolachas Maria em estudo.

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

4.3. ANÁLISE ELEMENTAR

Os valores médios e o desvio padrão das análises químicas efectuadas (teor em Humidade, Cinza, Proteína, Gordura, Fibra e Hidratos de Carbono), das bolachas do Tipo Maria em estudo estão apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Valores médios e desvio padrão das características químicas das 8 marcas das bolachas do Tipo Maria em estudo.

Tipo de Marca	Amostras n=3	Humidade (%)	Cinza (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Fibra (%)	Hidratos de Carbono (%)
Própria (Branca)	A	3,35±0,06b*	1,32±0,07b	7,36±0,10b	8,89±0,25b	0,36±0,01c	82,06±0,43b
	B	1,08±0,22c	1,36±0,04b	7,40±0,10b	7,53±0,15c	0,49±0,02b	83,22±0,31bce
	C	2,23±0,14de	1,37±0,07b	6,32±0,44ab	8,63±0,02b	0,35±0,02c	83,33±0,55ce
	D	1,79±0,03de	1,32±0,03b	6,89±0,22ab	7,81±0,06c	0,44±0,01b	83,54±0,32c
Produtor	G	2,45±0,02d	1,45±0,06b	6,97±0,53ab	9,97±0,05a	0,85±0,00a	80,76±0,64a
	H	5,41±0,20a	1,69±0,07a	7,17±0,61b	8,52±0,09b	0,41±0,01c	82,21±0,78be
	I	1,85±0,28e	1,41±0,06b	7,22±0,70b	7,56±0,33c	0,49±0,02b	83,32±1,11ce
Espanhola	K	2,19±0,13de	1,35±0,05b	5,76±0,37a	9,65±0,02a	0,47±0,02b	82,77±0,46bce

* Médias marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

Relativamente aos valores obtidos na determinação da humidade das amostras das bolachas das marcas estudadas verifica-se que, variam entre 1,08 % e 5,41 %.

O teor de humidade na bolacha Maria da marca do produtor apresenta maior dispersão de valores quando comparada com as duas outras marcas. Nas bolachas de marca branca averigua-se que os valores variam entre 1,08 % e 3,35 %, enquanto nos tipos de marcas do produtor os valores de humidade situam-se entre 1,85 % e 5,41 %. As amostras C, D e K são significativamente semelhantes entre si quanto ao teor em humidade.

O teor de humidade e a actividade da água apresentam uma correlação positiva, contudo estes dois parâmetros estão francamente correlacionados, pois apesar de serem conceitos diferentes pois o teor de humidade está contido na amostra e a a_w consiste no

teor de água livre na amostra, sendo que as variâncias determinadas ao longo do estudo poderão dever-se à presença do teor de água livre.

A determinação do teor de cinza lega informação relativa aos sais minerais presentes nas bolachas. Assim, constata-se, a obtenção de valores próximos em todas as amostras dos diversos tipos de marcas, sendo que as restantes amostras são estatisticamente semelhantes entre si, variando entre os valores 1,32 e 1,69.

O teor de humidade e o teor de cinzas estão fortemente correlacionadas, apresentando uma correlação de 0,728 (ver anexo 7.1). Este valor pode ser explicado pela grande influência que o teor de humidade tem sobre a presença de sais minerais na amostra.

Nos valores referentes à fracção proteica, obtiveram-se valores de proteína a variar entre 5,76 %, na amostra K (sendo o valor registado mais baixo) e 7,40 % na amostra B. Nas bolachas de marca do produtor constata-se que as amostras variam em teores de proteína muito próximos, dos quais as amostras H (7,17%) e I (7,22%) são significativamente semelhantes, verificando-se também nas amostras de marca branca A e B de marca branca a mesma semelhança significativa, com 7,36 e 7,40 %. Constata-se ainda uma semelhança considerável nos valores das amostras C, D e G. A amostra K regista o menor teor de proteínas de 5,76 %, comparado com as amostras em estudo.

O teor de gordura é significativamente diferente entre as várias amostras, isto devido provavelmente à adição de gorduras que está dependente das diversas formulações, das diferentes marcas de bolachas Maria. Devido a essa variância de amostra para amostra, resultam os teores de gordura a variar de 7,53 % (na amostra B) a 9,97 % (na amostra G), nos diversos tipos de marcas de bolachas do tipo Maria, sendo que esta variabilidade de valores também se observa na tabela 3.1 dos valores declarados da composição química centesimal das bolachas Maria de marca própria, do tipo de marca do produtor e do tipo de marca espanhola. Destacam-se que 5 das 8 amostras (A, C, G, H e K) apresentam valores de gordura superiores a 8 %, entre todos os tipos de marcas. Ficando isolada a amostra G como aquela que contém mais gordura, 9,97 %, e a amostra K, 9,65 %.

O conteúdo em fibras nas bolachas dos diversos tipos de marcas, varia de acordo com cada formulação. Assim, apura-se que os valores variam entre 0,35 % e 0,85 %, destacando-se a amostra G com o maior teor em fibra 0,85 %. As amostras A e C registam um teor de fibra muito semelhante, 0,36 e 0,35 %, o qual é muito próximo do valor da amostra H, 0,41 %, assim como as amostras B, 0,49 %, D, 0,44%, I, 0,49%, e K, 0,47 %, as quais são estatisticamente semelhantes. Constata-se pelo sbaixo teor de fibras, que as amostras em estudo são pobres em fibras.

O teor de hidratos de carbono depende das determinações dos teores de cinzas, proteína, gordura e fibras. Nas amostras das marcas do produtor e espanhola verifica-se maior dispersão de valores quando comparadas com as amostras de marca própria (branca). Das marcas das amostras em estudo, observa-se que a amostra G do tipo de marca do produtor tem o valor mais baixo com 80,8 % e a amostra D, do tipo de marca branca, o teor mais elevado com 83,5 %. Das amostras em estudo as amostras A, B, H e K revelam valores significativamente semelhantes entre si tal como os valores das amostras, B, C, D, I e K. A correlação entre o teor em hidratos de carbono e os parâmetros proteína, cinza, fibra, gordura e humidade é negativa, na qual se destaca a correlação com o teor de gordura de -0,758, fortemente negativa.

4.4. ACTIVIDADE DA ÁGUA E ISOTÉRMICAS DE SORÇÃO

Na tabela 4.3 apresentam-se os resultados das determinações das actividades da água, da amostra no momento da abertura do pacote de armazenamento. Por observação consta-se que as amostras de marca branca registam valores mais baixos de água livre, dentro das quais as amostras A, B e C registam valores muito semelhantes. As amostras H de marca do produtor e K de marca espanhola, com os valores de 0,428 e 0,413 respectivamente, são as que registam maior teor de água livre contido nas amostras.

Tabela 4.3 Resultados das determinações das actividades da água das bolachas, aquando da abertura do pacote, a 25 ± 2 °C.

Tipo de Marca	Amostras n=3	a_w
Própria (Branca)	A	0,111±0,001
	B	0,129±0,008
	C	0,142±0,003
	D	0,276±0,003
Produtor	G	0,326±0,003
	H	0,428±0,027
	I	0,195±0,009
Espanhola	K	0,413±0,007

As isotermas obtidas a partir dos dados experimentais como uma função da média do teor de humidade de equilíbrio com base nas medições triplicado para a respectiva a_w a 25 °C e a 40 °C, encontram-se nas figuras 4.4 e 4.5, respectivamente.

O modelo de GAB foi seleccionado para descrever o comportamento das isotérmicas às temperaturas e gama a_w estudadas, uma vez que fornece uma boa representação do comportamento de sorção, tal como sugerem Cadden (1998) ou Kim & Okos (1999) que referem o modelo de GAB como fornecendo uma boa representação do comportamento de sorção de farelo de aveia, biscoitos e bolachas.

Em geral, têm sido apresentadas numerosas correlações na literatura para representar a relação entre o teor de equilíbrio de humidade e a_w aplicado a alimentos. No entanto, o sucesso relativo de cada modelo depende da gama a_w , do tipo de alimentos e da sua composição (Sampaio *et al.*, 2009).

Na figura 4.4 os coeficientes de actividade de água encontram-se a variar desde 0,090 a 0,945, para as diversas amostras, enquanto na figura 4.5 os mesmos variam de 0,1275 a 0,945.

As isotérmicas de sorção exibiram uma forma sigmóide nas temperaturas em estudo, isotérmica do tipo II, de acordo com a classificação de Brunauer *et al.* (1940). Na figura 4.4 verifica-se que o teor de humidade de equilíbrio aumentou rapidamente para as actividades de água baixa, até 0,2, a região I – humidade de monocamada. Consequentemente, surge um aumento moderado que se observa na região entre a a_w de 0,2 e 0,75, correspondente à região II – humidade de multicamada, seguido por um crescimento acentuado, acima de 0,75 valor a_w , região III – água livre.

Da análise efectuada à forma exibida pelas isotérmicas de sorção, verifica-se que as amostras C, D, H e I são mais estáveis do que as amostras A, B, G e K, pois para a mesma humidade relativa apresentam actividade da água mais baixa, isto é, a água que está presente não está disponível para reacções microbianas ou enzimáticas. Destas amostras, a que se apresentou mais estável foi a amostra D e a menos estável foi a amostra A.

Da análise às isoterms de sorção a 40 °C, na figura 4.5, verifica-se que a amostra C é a mais estável para a mesma humidade relativa do que a amostra K.

Durante o estudo da cinética de sorção, as bolachas atingiram o equilíbrio higroscópico mais rapidamente a 25 °C. As bolachas armazenadas a 40 °C e com uma humidade relativa inferior a cerca de 50% revelam ser estruturalmente mais estáveis do que aquelas armazenadas à mesma temperatura, mas com uma humidade relativa superior a 50%.

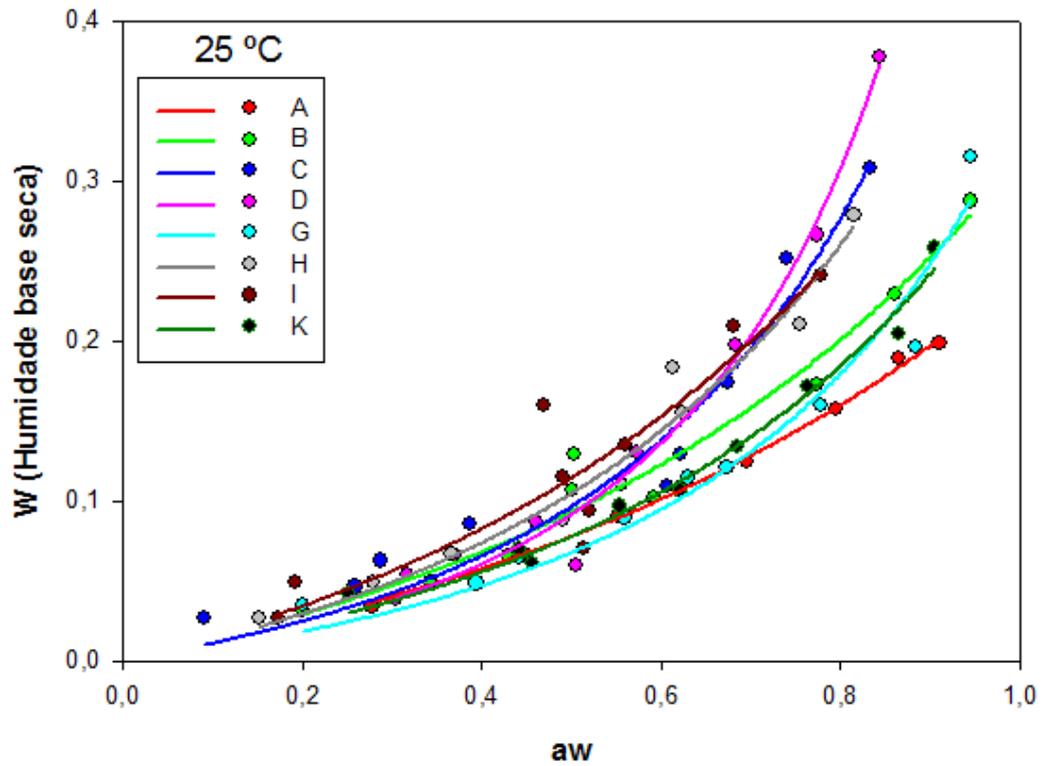


Figura 4.4 Efeito da actividade da água a 25 °C.

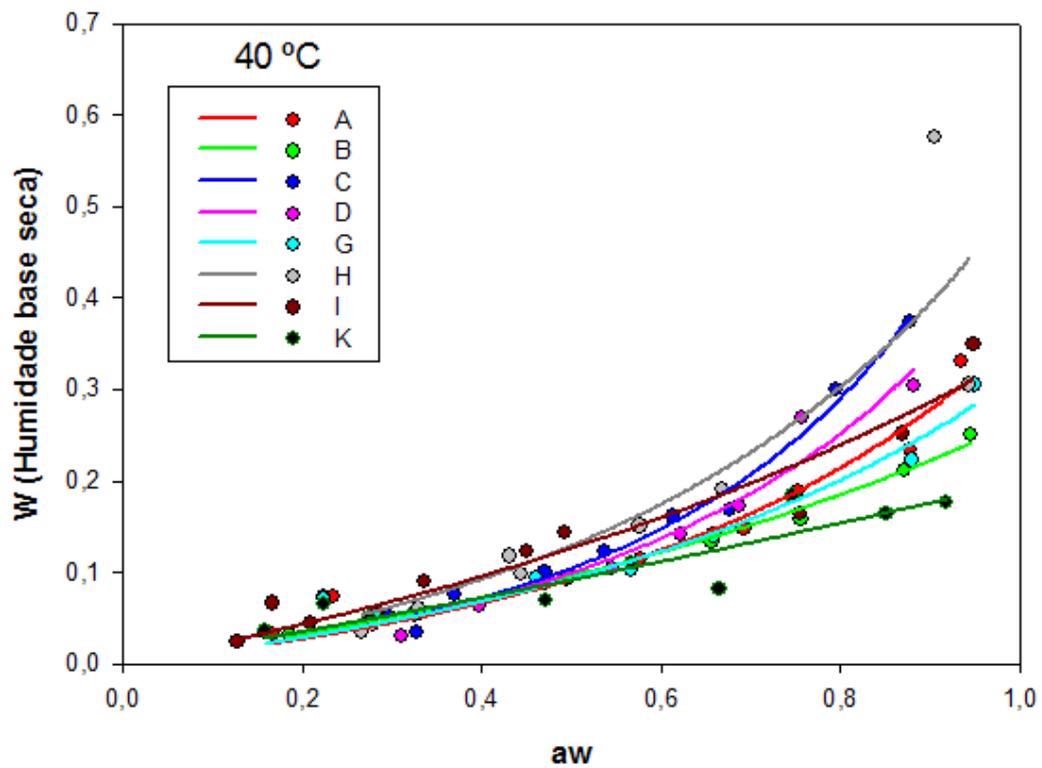


Figura 4.5 Efeito da actividade da água a 40 °C.

Nas figuras anteriores observou-se um aumento constante no conteúdo de humidade em equilíbrio até ao valor de a_w de 0,6 à temperatura de 25 °C e ao valor de a_w 0,7 à temperatura de 40 °C, a partir destes valores foi observado um aumento significativo até ao valor de actividade da água de 1,0 em ambos os casos. Este comportamento é típico para os produtos com elevado teor de amido como foi verificado por Al-Muhtaseb *et al.* (2010) no estudo desenvolvido sobre isothermas de adsorção de humidade em bolo da Madeira cozido em microondas. Resultados semelhantes a estes foram relatados por diversos autores incluindo McMinn *et al.* (2007) num estudo sobre comportamento de adsorção de humidade da farinha de aveia biscoito e flocos de aveia, e por Arogba (2001) para farinha do interior de manga, entre outros.

As figuras 4.6 e 4.7 representam o efeito da temperatura na actividade de água das amostras em estudo, sendo que na figura 4.6 constam as duas amostras a mais e a menos estáveis do tipo de bolacha Maria de marca branca e na figura 4.7 duas amostras de bolachas do tipo de bolacha Maria de marca própria, a escolha foi realizada segundo a maior e menor estabilidade dentro das duas temperaturas analisadas. Assim, das figuras em causa constata-se que a estabilidade das amostras aumenta com o aumento da temperatura, à excepção do que sucede com a amostra K, na qual a temperatura de 40 °C não apresenta um crescimento exponencial, pelo contrário, regista-se um crescimento constante entre os valores de a_w e a humidade relativa.

Normalmente para os mesmos valores de humidade de equilíbrio a a_w aumenta com o aumento da temperatura, provavelmente devido a uma redução no número total de locais activos para a ligação de água com um resultado de alterações químicas e físicas do produto induzidas pela temperatura (Rao & Rizvi, 1995), o que pode ser devido às moléculas de água serem activadas para um nível de energia mais elevado o que permite deixar os seus locais de sorção, diminuindo assim o teor de humidade de equilíbrio (Palipane & Driscoll, 1992). Resultados semelhantes foram relatados por Palou *et al.* (1997) para biscoitos contendo manga processados, por Arogba (2001) para biscoitos e mais recentemente por Sampaio *et al.* (2009) para biscoitos formulados com farinha de aveia, trigo e farinha de maracujá e por Al-Muhtaseb *et al.* (2010) para bolo da Madeira cozido em microondas. Contudo, neste caso para os mesmos valores de humidade de equilíbrio a a_w , diminui com o aumento da temperatura. Esta excepção normalmente está associada a alimentos com elevado teor de hidratos de carbono. Os sistemas alimentares exibem tipicamente do tipo II ou III (de acordo com a classificação de BET) isotérmicas (Brunauer, Deming, Deming & Troller, 1940). A primeira, em forma de curva sigmoideal, é típico para os alimentos ricos em amido, tais como farelo de aveia e farinha (Cadden, 1988; Durakova

& Menkov, 2005; Erbas, Ertugay & Certel, 2005), enquanto a última forma, normalmente exibindo um aumento exponencial do teor de humidade de equilíbrio com a actividade da água, é observada para os alimentos com um elevado teor de açúcar ou sal (Guillaard *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 1998 citados por McMinin *et al.*, 2007).

A dependência da temperatura do teor de humidade de equilíbrio tem uma importante influência na prática, em reacções químicas e microbiológicas associadas com a deterioração (Al-Muhtaseb *et al.*, 2004). No mesmo conteúdo de humidade, temperaturas mais elevadas implicam uma maior a_w e conseqüentemente, taxas mais rápidas de deterioração (Van den Berg & Bruin, 1981).

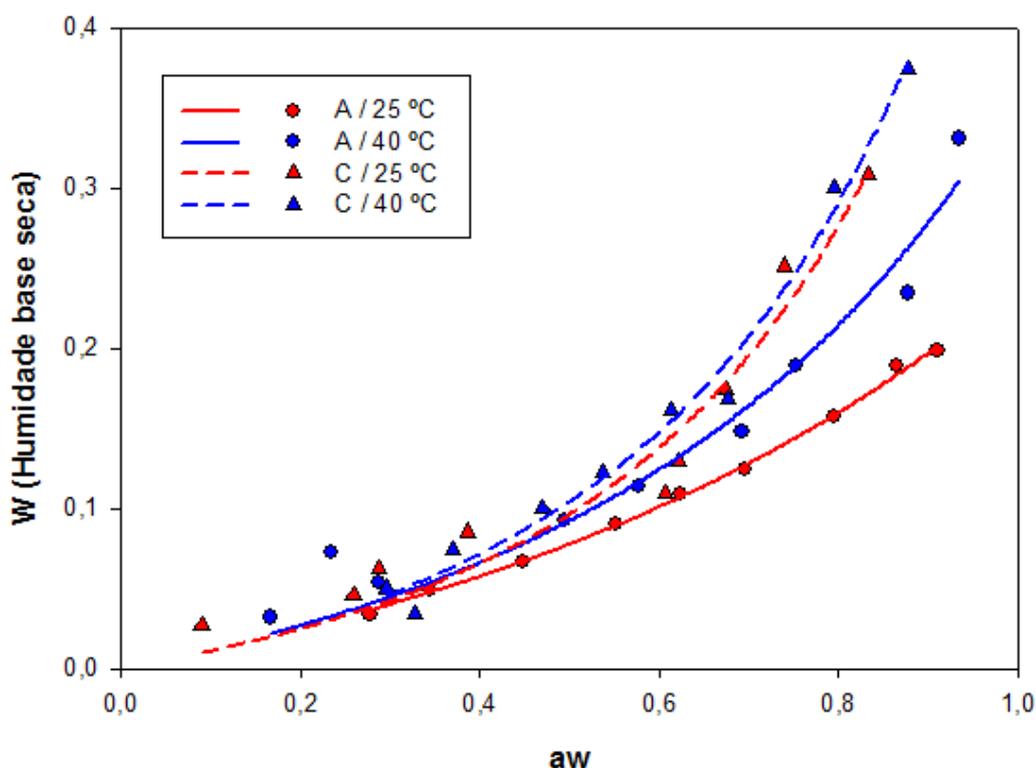


Figura 4.6 Efeito da temperatura na actividade da água nas amostras de marca branca.

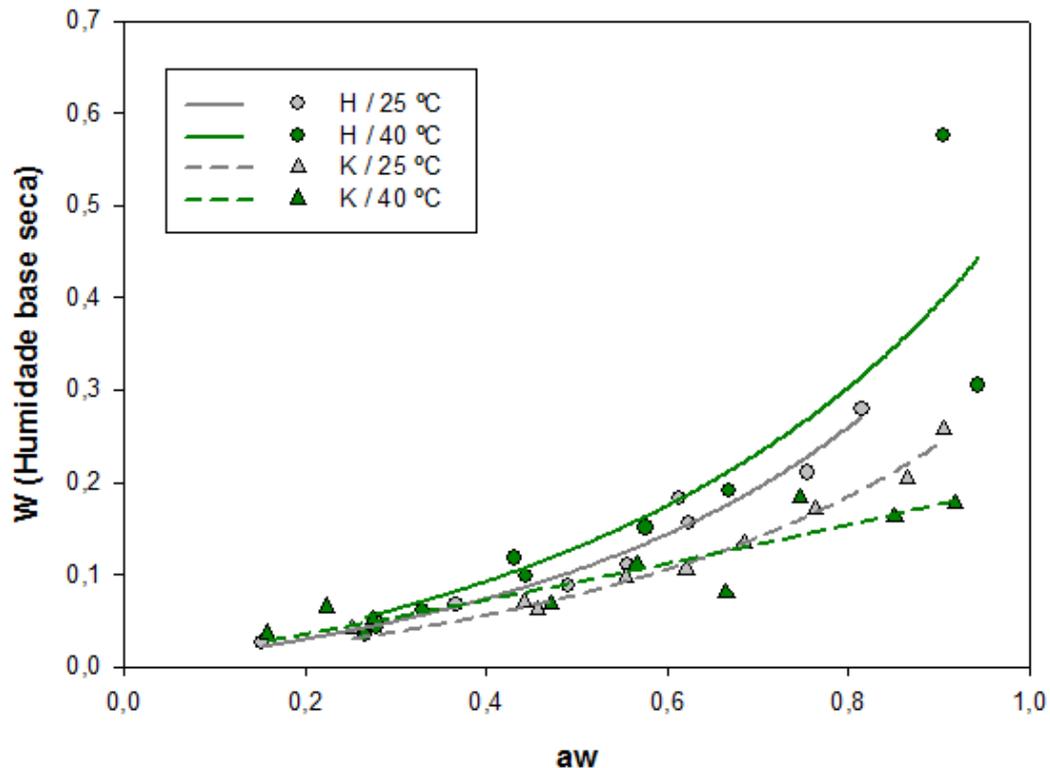


Figura 4.7 Efeito da temperatura na actividade da água nas amostras de marca própria/outra marca.

A actividade da água, por observação do anexo 7.5, revela ter uma correlação negativa com a coesividade (-0,890), pois quanto maior for o conteúdo em água livre presente na amostra menos coesas serão as suas ligações e menor qualidade terá a sua textura. A actividade da água revela ter pouca correlação com a variável da cor, denunciando apenas uma correlação moderadamente positiva com a coordenada b^* , tal como acontece com o teor de humidade.

No anexo 7.7, onde se correlaciona a actividade da água com a análise sensorial observa-se elevada correlação com a rugosidade da superfície, o teor de água livre na amostra influencia as características físicas das bolachas, as quais serão facilmente percebidas pelo provador essencialmente devido à alteração da textura.

4.5. TEXTURA

Na Tabela 4.4 estão representados os valores médios e o desvio padrão relativos às determinações dos parâmetros de textura das bolachas Maria em estudo.

Todos os resultados foram analisados através da análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre as médias, pelo teste de Tukey, utilizando-se para as análises estatísticas o programa estatístico SPSS - Statistical Package for the Social Sciences, versão 19.

Tabela 4.4 Valores médios e desvio padrão da determinação da textura das 8 marcas das bolachas do Tipo Maria em estudo.

Tipo de Marca	Amostras	Dureza (N)	Elasticidade (%)	Coesividade (adimensional)	Mastigabilidade (N)
Própria (Branca)	A	128,76±36,78ab*	63,93±11,52abc	0,72±0,097bcd	68,10±42,42abc
	B	158,74±23,60a	72,22±7,09 ^a	0,78±0,050b	93,02±24,71a
	C	133,66±23,80ab	66,56±6,22abc	0,76±0,056bc	70,10±21,54abc
	D	116,45±22,97b	67,80±8,53abc	0,68±0,089acd	55,61±21,84bc
Produtor	G	154,11±21,56a	70,39±7,95ab	0,70±0,079bcd	76,13±25,55ab
	H	98,99±44,48b	57,85±8,89c	0,63±0,10ad	40,47±24,86c
	I	115,27±14,87b	59,97±7,78bc	0,69±0,05abcd	49,74±15,20bc
Espanhola	K	99,73±10,79b	65,61±6,60abc	0,59±0,06a	38,53±6,52c

* Médias marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Na tabela 4.4 observa-se que a dureza nas bolachas oscila entre 98,99 N e 158,74 N, verificando-se que a variação de 116,45 N a 156,74 N corresponde ao tipo de marca branca e no tipo de marca do produtor a variação é de 98,99 N a 154,11 N. A amostra espanhola é a que apresenta o valor mais baixo de dureza. Os valores de coesividade das amostras situam-se entre os 0,59 na amostra K e os 0,78 na amostra B. A elasticidade oscila no intervalo de valores 57,85 a 73,22. No que concerne à mastigabilidade, a qual resulta do

produto das outras variáveis, há um grande intervalo de variância de valores entre os 38,53 e os 93,02.

A dureza é a propriedade de textura, que atraiu mais atenção em avaliação de produtos de panificação, por causa da sua estreita associação com a percepção humana de frescura (Karaoğlu & Kotancilar, 2009). Através da análise da tabela, constata-se que a amostra B é a que se destaca por apresentar um valor de dureza superior no grupo a que pertence (tipo de marca branca) e na comparação com as restantes marcas, tendo a amostra G do grupo de amostras do tipo de marca própria um valor de dureza significativamente semelhante. Segundo Seyhun *et al.* (2003), o aumento da dureza do miolo do bolo pode ser atribuída à amilose e amilopectina “recrystallisation”, à formação de complexos entre o amido e proteínas, à redistribuição da água entre os constituintes do bolo, e outras ocorrências que podem acontecer neste produto cozido durante o armazenamento.

As amostras D, H, I e K exibem também valores muito próximos de dureza, destacando-se a amostra K com o valor de dureza mais baixo. Estes valores mais baixos de dureza podem ser justificados na amostra H através do elevado teor de humidade que apresenta, e na amostra K pelo seu elevado teor de gordura que aumenta a friabilidade da amostra, possível consequência da migração da humidade do centro húmido para a superfície, que torna a bolacha mais seca, e a contracção e expansão que se lhe segue causam quebras seguidas de linhas microscópicas de debilidade dos produtos. Estes resultados podem ainda ter sido influenciados por outros factores como, uma estrutura da amostra mais aberta e irregular, desnaturação das proteínas, perda de capacidade de retenção de água, coagulação e solubilização de proteínas. Os valores das amostras A e C são consideravelmente semelhantes aos das restantes amostras em estudo. Os processos utilizados no fabrico das bolachas são também preponderantes na determinação da dureza das bolachas.

Elasticidade é a taxa à qual um bolo deformado volta ao seu estado indeformado após a força de deformação ser removida (Szczesniak, 2002). Em termos de elasticidade, os valores variam de acordo com a formulação de cada bolacha e mediante os seus valores de dureza. De acordo com a Tabela 4.3, verifica-se que as amostras que registaram valor superior e inferior no parâmetro de dureza, são as que apresentam a mesma grandeza de valores em termos de elasticidade. Tem sido relatado em diversa literatura que o valor de elasticidade de produtos de padaria totalmente cozidos geralmente diminui durante o período de armazenamento (Baik *et al.*, 2000; Vulicevic *et al.*, 2004; Gomez *et al.*, 2006).

A coesividade corresponde à força interna dos laços que constituem o corpo do produto alimentar e pode ser usada para expressar a capacidade e taxa à qual os materiais se desintegram. Uma medida útil de coesividade é a taxa na qual um produto alimentar desintegra sob a acção mecânica da mastigação (Szczesniak *et al.*, 1975; Abbas *et al.*, 2006). Relativamente a este parâmetro, as amostras registaram valores a variar num intervalo estreito entre os 0,59 e 0,78. Contudo são as amostras A, B e C, do tipo de marca branca, a revelar a variação de valores mais elevada, enquanto a amostra K é a que regista o valor mais baixo, mostrando maior fragilidade de todas as amostras. A coesividade é a função da capacidade de um material para quebrar, de tal modo que quanto maior o valor de coesão, maior a capacidade do bolo para quebrar quando sujeito a stress, por exemplo determinadas condições de armazenamento, diferenças bruscas de temperatura, perda de atracção intramolecular entre os ingredientes, secagem e a tendência para quebrar com o envelhecimento (Karaoğlu & Kotancilar, 2009).

Do produto da dureza pela coesividade e pela elasticidade surge a mastigabilidade, valor que se mostrou muito variável entre as diversas amostras em cada grupo dos diversos tipos marcas. A mastigabilidade corresponde à energia necessária para mastigar um alimento sólido a um estado de prontidão para engolir. Das amostras em análise observa-se que são as amostras B e G que apresentam o valor mais elevado deste parâmetro, surgindo seguidamente a amostra C, com valores significativamente semelhantes. Estes valores justificam-se com o resultado de valores elevados que estas amostras registaram nas determinações anteriores. Daí as amostras H e K apresentarem valores de mastigabilidade mais baixos, tal como o registo de intervalo de valores muito baixo em termos de dureza, elasticidade e coesividade. Num estudo desenvolvido por Karaoğlu & Kotancilar (2009) em bolos, revelaram que o índice de simetria diminui de forma significativa com o aumento do cozimento inicial e intermediário e com o tempo de armazenamento.

É de referir que os valores correspondentes à adesividade das amostras em estudo foram também determinados. Contudo, devido aos valores obtidos serem inferiores a 0,01, estes não apresentam relevância para serem considerados no estudo, sendo por isso considerados desprezáveis, donde este tipo de produto não apresenta adesividade.

O facto de existir grande conteúdo de humidade influencia de imediato as características físicas da bolacha, daí se constatar por observação do anexo 7.2 que a dureza, a elasticidade, a coesividade e mastigabilidade descrevem uma correlação inversa com a humidade. A dureza apresenta elevada correlação com as variantes elasticidade (0,782), coesividade (0,828) e mastigabilidade (0,973). A mastigabilidade demonstra ter

elevada correlação para além da dureza, com a elasticidade e com a coesividade, pois este parâmetro é directamente influenciado pela dureza, a qual também está relacionada com a elasticidade e coesividade.

4.6. ANÁLISE SENSORIAL

As amostras das diferentes marcas foram apresentadas ao painel de provadores, em conjuntos de marca branca e marca própria/outra marca, afim destes, avaliarem sensorialmente o produto mediante as características em análise e por fim a sua apreciação no geral.

Do tratamento das fichas de prova resultaram os dados apresentados nas figuras 4.8 a 4.18, as quais traduzem a opinião dos elementos do painel de provadores, numa escala de 1 a 10, permitindo tirar algumas conclusões acerca da preferência dos provadores.

4.6.1. Intensidade da cor, sabor e aroma

A intensidade da cor é um factor que está relacionado com o tempo de assadura da massa, com a temperatura nas placas de assadura e o contacto com as mesmas, com a formulação quer em gordura quer em cereais, daí surgirem bolachas de tonalidades diferentes mesmo dentro de cada amostra.

A figura 4.8 permite constatar que para a intensidade do sabor há maior uniformização de opiniões, não sendo estas tão dispersas, de onde se destaca a amostra C como a que maior intensidade desta característica aufere. A intensidade de cor reúne grande dispersão de opiniões revelando que segundo os provadores as amostras C, I e K são as consideradas com tonalidade mais intensa. Para a intensidade do aroma a amostra C destaca-se como a mais aromática.

Relativamente a este parâmetro, por observação da figura 4.8 constata-se, que as amostras C, I e K, são estatisticamente semelhantes, apresentando a tonalidade mais escura das amostras em estudo, enquanto a amostra G (marca do produtor) é aquela em que a tonalidade é menos intensa. Do painel de amostras de marca branca a amostra C é a que se destaca pela elevada intensidade de coloração, devida essencialmente ao tempo e forma de assadura tal como à sua considerável constituição em gordura verificada nas análises químicas. Contrariando a baixa intensidade verificada na amostra B (marca branca), amostra em que se verificou o teor mais baixo em gordura. Nas amostras de marca própria/outra marca a amostra K (marca espanhola), que apresenta elevado teor em gordura nas análises químicas é aquela que à semelhança da amostra I (marca do produtor), foram as consideradas com tonalidade mais escura.

Nos testes olfactivos as características em estudo foram o aroma, e os cheiros mais característicos associados a este tipo de produtos como a baunilha, o cereal, a gordura e o torrado. O teste da intensidade do aroma, permitiu identificar a amostra C como a mais aromática das amostras de marca branca, assim como de todas as marcas em estudo. Este facto estará relacionado com a identificação de maiores intensidades de características relacionadas com o cheiro e o paladar.

Verificou-se que a amostra G é estatisticamente semelhante à amostra C e à amostra H. Relativamente às restantes amostras, A, D, I e K constatou-se que os provadores reconheceram características semelhantes entre as mesmas, sendo estas estatisticamente semelhantes entre si e com a amostra H, havendo ainda semelhança estatística com a amostra B, que foi considerada como a menos aromática. Os resultados para estas amostras traduzem a diversidade de opiniões que foram registadas.

Assim, verifica-se que nas amostras de marca branca se integram as amostras mais e menos aromáticas, amostra C e amostra B, respectivamente.

O teste do paladar envolve a percepção de substâncias que constituem as amostras. Este teste sensorial mostra, através da observação da figura 4.8, a preferência de sabor pela amostra C do grupo das amostras de marca branca, enquanto se destaca na amostra K relativa falta de preferência pelo sabor que a amostra sofre. As restantes amostras registam uma semelhança estatística elevada.

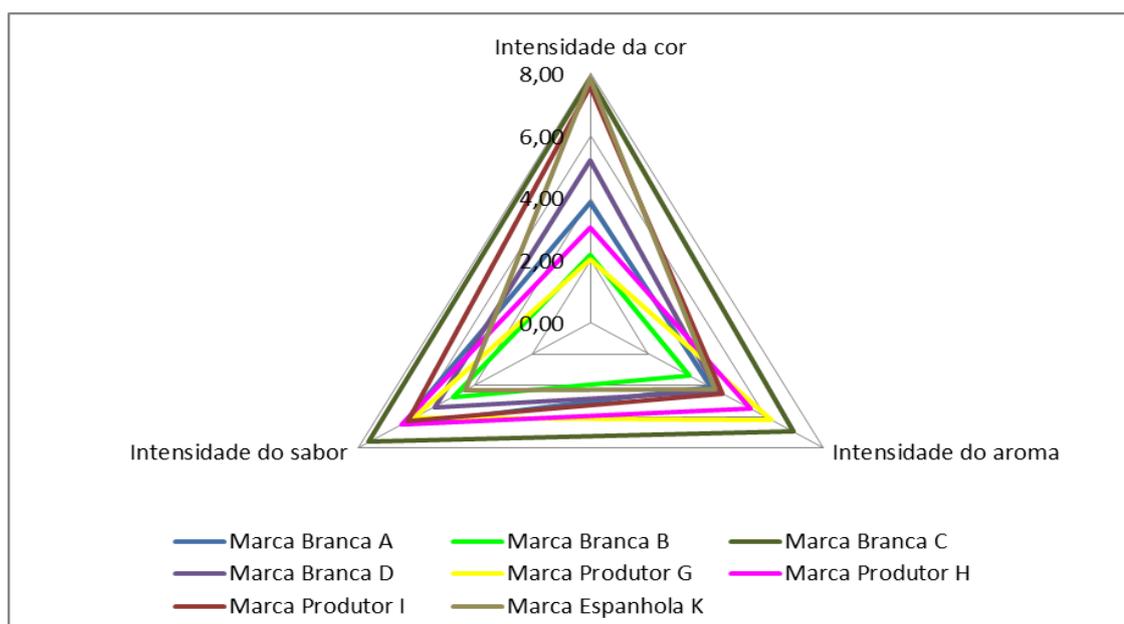


Figura 4.8 Comparação entre os atributos sensoriais intensidade da cor, intensidade do aroma e intensidade de sabor.

Nesta prova sensorial questionava-se a homogeneidade da cor apresentada pelas amostras, tendo-se registado uma maior dispersão de opiniões. Por observação da figura

4.9, as opiniões ficaram centradas em valores baixos, os quais revelam grande homogeneidade das amostras, sendo todas elas estatisticamente semelhantes entre si. Ainda assim, destacam-se as amostras C (nas amostras de marca branca) e amostra I (nas amostras de marca do produtor/marca espanhola) como as menos heterogêneas em termos de aspecto e a amostra K a mais heterogênea de todas as amostras analisadas.

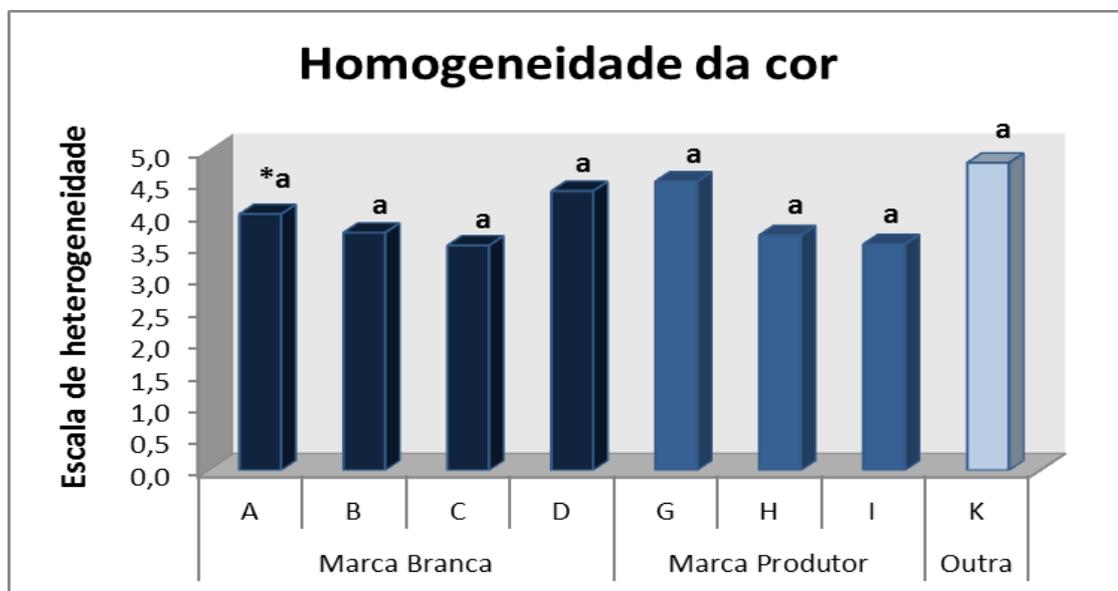


Figura 4.9 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (homogeneidade da cor).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

No teste de rugosidade da superfície, figura 4.10, todas as amostras foram consideradas estatisticamente semelhantes, ainda que dentro dessa proximidade se tenha destacado a amostra B (amostra branca) como a menos rugosa e as amostras I e K as que menos uniformidade revelaram superficialmente (marca do produtor/marca espanhola).

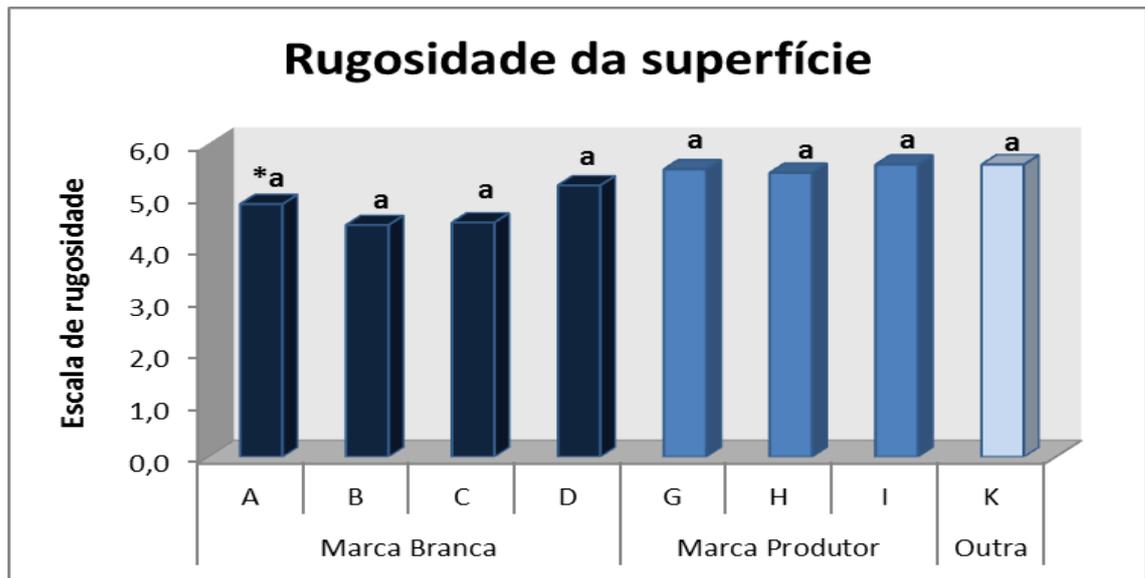


Figura 4.10 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (rugosidade da superfície).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

4.6.2. Testes Olfactivos

A característica odorífera, baunilha, está relacionada com as concentrações adicionadas no fabrico das bolachas, tendo em conta a formulação base, emitindo mais ou menos concentração de cheiro quando associado com outros factores (como os cheiros a torrado, manteiga e cereal). Nas provas em questão, a baunilha foi identificada em concentrações superiores para a amostra C (marca branca) e amostra G (marca do produtor), as quais são estatisticamente semelhantes, como se pode constatar na figura 4.11, surgindo com grande relevância relativamente às restantes amostras. Do conjunto das amostras de marca branca a amostra B à semelhante das amostras I e K, de marca do produtor/marca espanhola, foram as consideradas como as que menor concentração de cheiro a baunilha apresentaram (estas amostras são estatisticamente semelhantes entre si).

A amostra H (de marca do produtor) é estatisticamente semelhante às marcas A e D (de marca branca), assim como estas são estatisticamente semelhantes com as amostras B (marca branca), I (marca do produtor) e K (marca espanhola).

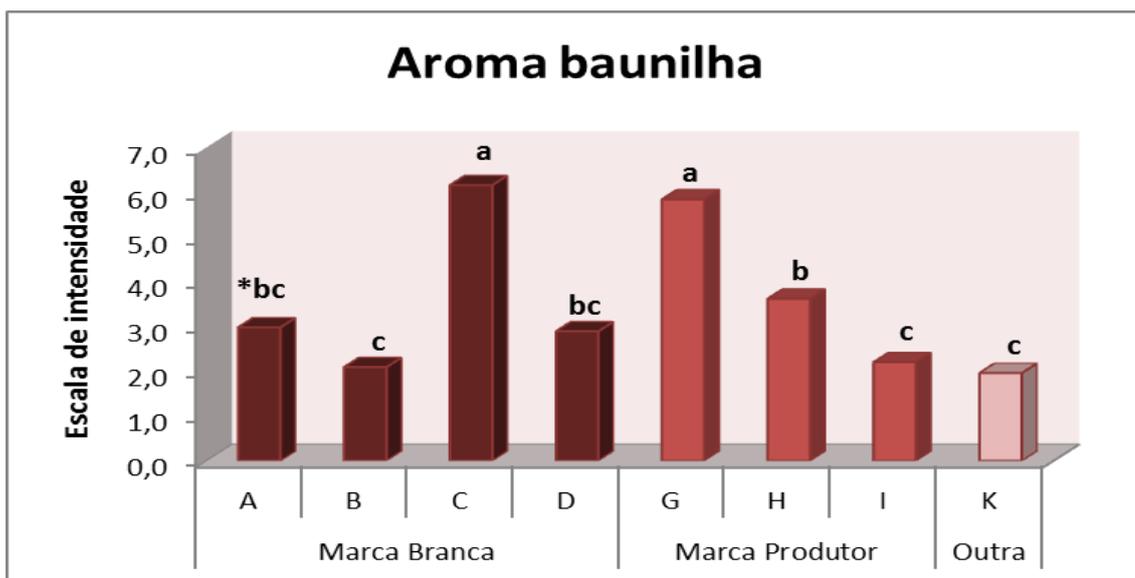


Figura 4.11 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (aroma: baunilha).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

É de salientar, a grande dispersão de opiniões por parte dos provadores em termos de cheiro associado ao cereal. Ainda assim, da figura 4.12 salientam-se no grupo de marca branca, a amostra C, como aquela onde menos se identifica este sabor e no grupo outra marca, a amostra K é a que na opinião dos provadores revela como maior intensidade nesta característica. Contudo, as amostras são estatisticamente semelhantes, o que traduz grande parença entre si.

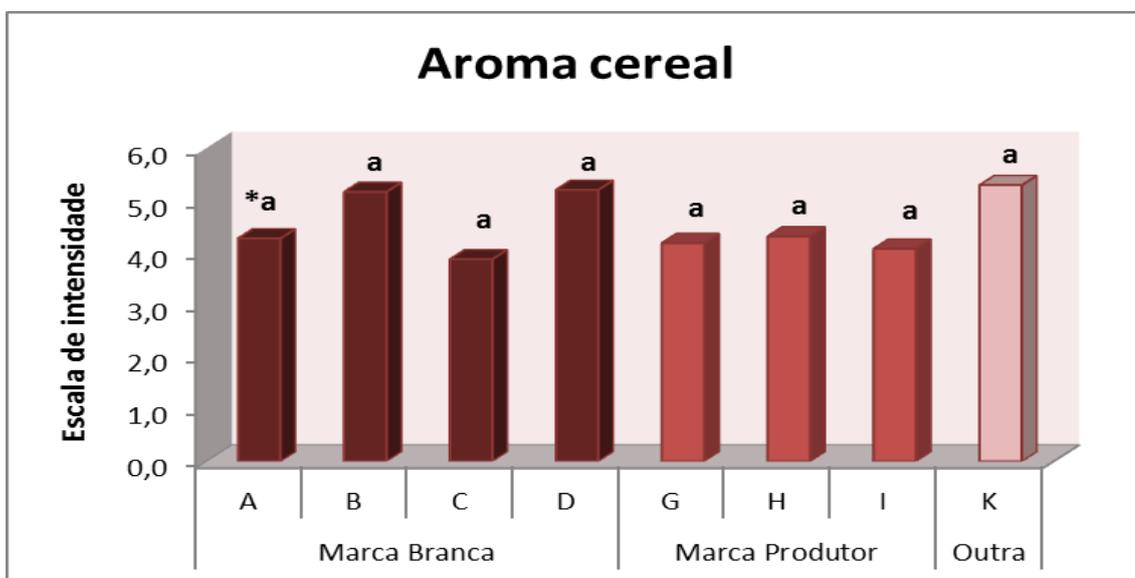


Figura 4.12 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (aroma: cereal). * Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A intensidade do aroma mostra uma forte correlação com o aroma a baunilha, pois a intensidade do aroma é atribuída por características odoríferas, que se revelam após a cozedura da bolacha. Este parâmetro revela ainda elevada correlação com outras características como a intensidade do sabor, o sabor doce, sabor a manteiga, sabor a baunilha e com a apreciação global da bolacha. No seguimento destas correlações do aroma vêm as do sabor associadas, assim, o aroma a baunilha tem uma forte correlação com o sabor doce, sabor a manteiga, sabor a baunilha e com a apreciação global.

4.6.3. Testes de Textura

A característica “dureza” nas bolachas está associada, principalmente ao seu conteúdo em humidade e ao conteúdo em gordura (Zoulias, E. I. *et al.*, 2002). Perante a opinião do painel de provadores, neste parâmetro (ver figura 4.13), a amostra C (marca branca) foi considerada a amostra com maior dureza com 7,0 valores na escala de dureza e a amostra K (outra marca), a que apresenta menor rigidez, nos 5,4 valores da mesma escala. Ainda assim, a variância de valores é num intervalo pequeno da escala, sendo que as restantes amostras A, B, D, G, H e I de ambas as marcas, são significativamente semelhantes entre si e com as amostras de maior e menor dureza.

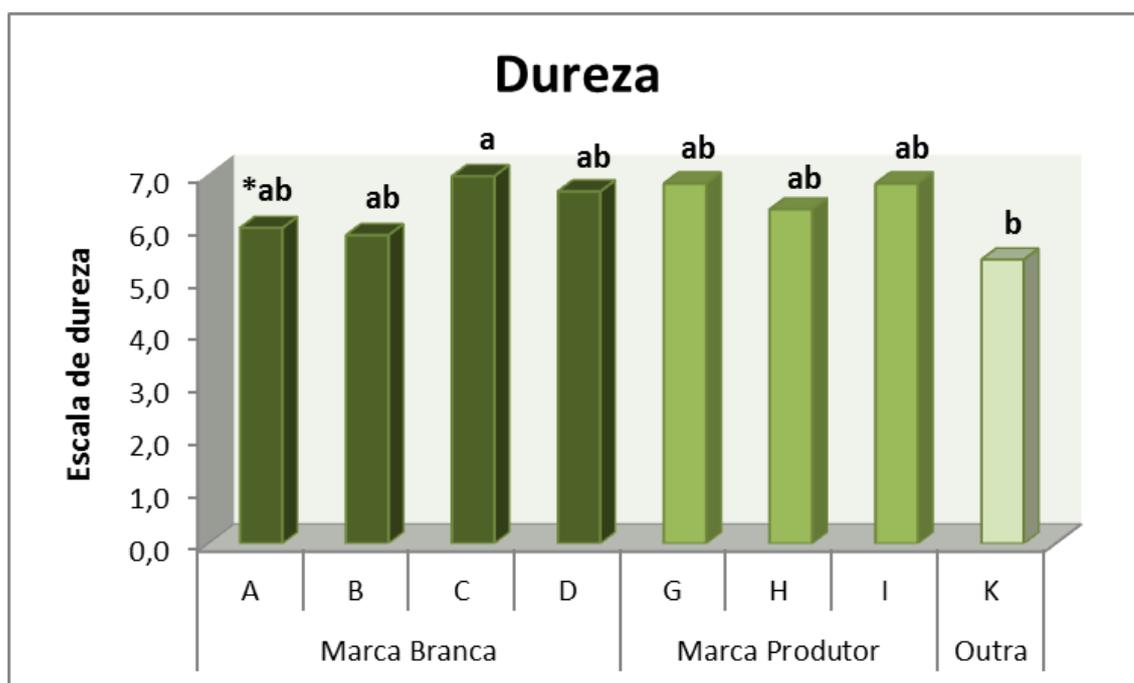


Figura 4.13 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (textura: dureza).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A crocância é uma característica que está associada à dureza, pois os factores que as influenciam são comuns. Assim, da observação da figura 4.14, verifica-se que a amostra K (outra marca) revela baixa crocância na ordem dos 5,4, o valor mais baixo de todas as amostras, verificado também na dureza.

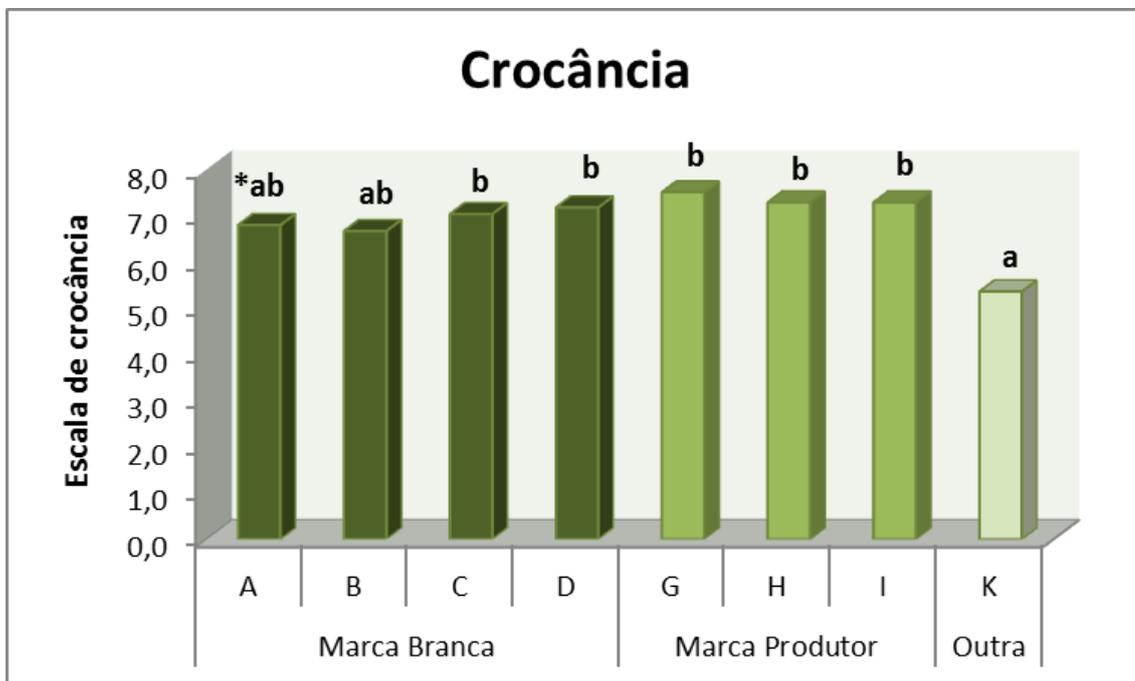


Figura 4.14 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (textura: crocância).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

As amostras de marca do produtor mostram ser significativamente semelhantes, entre si, e com as amostras C e D de marca branca. A semelhança de valores é ainda notável nas amostras A e B (marca branca), que apresentam também semelhança com as restantes amostras em estudo.

4.6.4. Teste de Paladar

Por observação da figura 4.15, o sabor doce foi identificado maioritariamente na amostras C (marca branca) e H (marca de produtor), influenciado pela adição de sacarose nas suas formulações iniciais, sendo as amostras estatisticamente semelhantes. As amostras mencionadas apresentam semelhança estatística ainda com as amostras A, G e I, as quais são significativamente semelhantes entre si e com as amostras B e D. A amostra K, ainda que tenha sido considerada a que apresenta um índice de doçura inferior é

significativamente semelhante com as amostras A, B, D e I, o que é indicador de uma variância de valores num intervalo relativamente baixo.

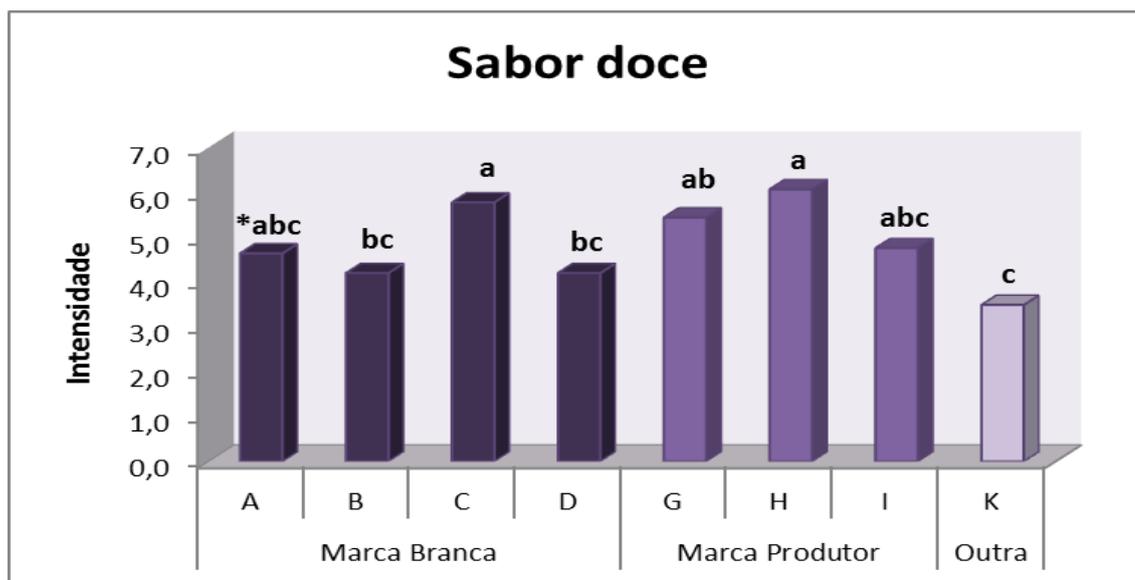


Figura 4.15 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (sabor: doce).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Sendo que através do olfacto não é tão notória a presença de gordura, através do paladar e das papilas gustativas essa possibilidade aumenta contudo, poderá nem ser detectada, pois tal como referi, as quantidades variam de acordo com a formulação de cada marca. Assim no conjunto de amostra da figura 4.16 é interessante perceber que as amostras que contêm maior sabor a manteiga (amostras C e G) foram consideradas como as mais doces, e que tal como estas as amostras B e D revelaram menores valores deste parâmetro foi também a que revelou menores valores de doçura.

Comparativamente com as análises químicas, as amostras que na análise sensorial revelaram maior teor em manteiga, as amostras C (marca branca) e G (marca do produtor), mostraram conter elevados teores de gordura na sua composição. As amostras anteriormente referidas, assim como as amostras B, D (marca branca) e K (marca espanhola) são significativamente semelhantes entre si, respectivamente, assim como com as amostras A (marca branca), H e I (marca do produtor).

É de notar que no conjunto de amostras de marca do produtor não há uma variação significativa entre elas no teor em manteiga, como a evidente oscilação verificada nas amostras de marca branca.

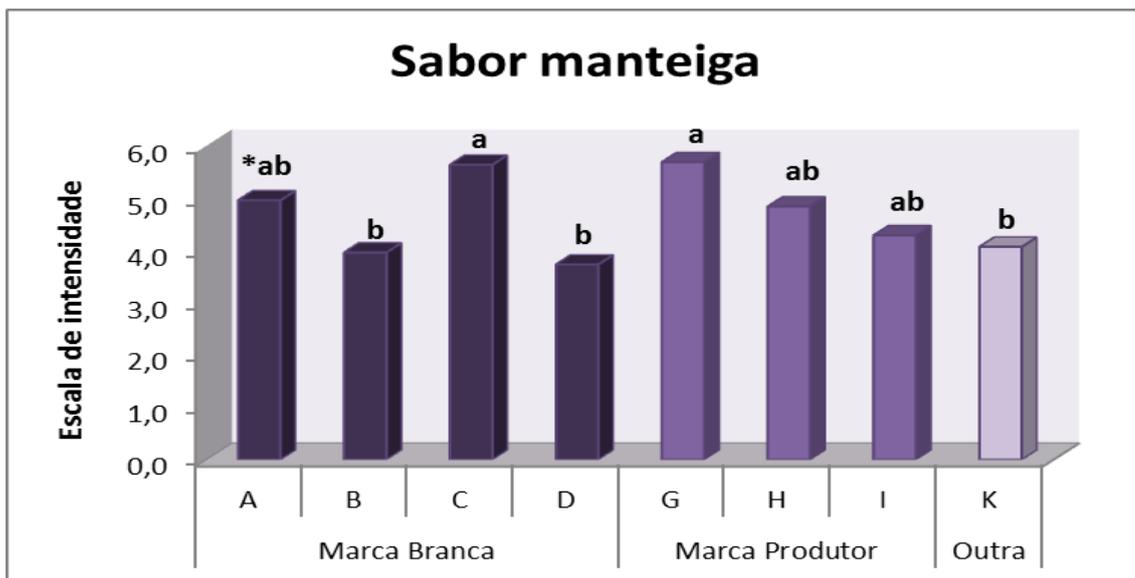


Figura 4.16 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (sabor: manteiga).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Associada às escolhas dos parâmetros anteriores também neste parâmetro, sabor:baunilha, a amostra C (marca branca) foi a escolhida pelos provadores como a que apresenta maior intensidade do sabor a baunilha, a par com a amostra G (marca do produtor) representando as restantes amostras na escala de intensidades, valores consideravelmente mais baixos (figura 4.17).

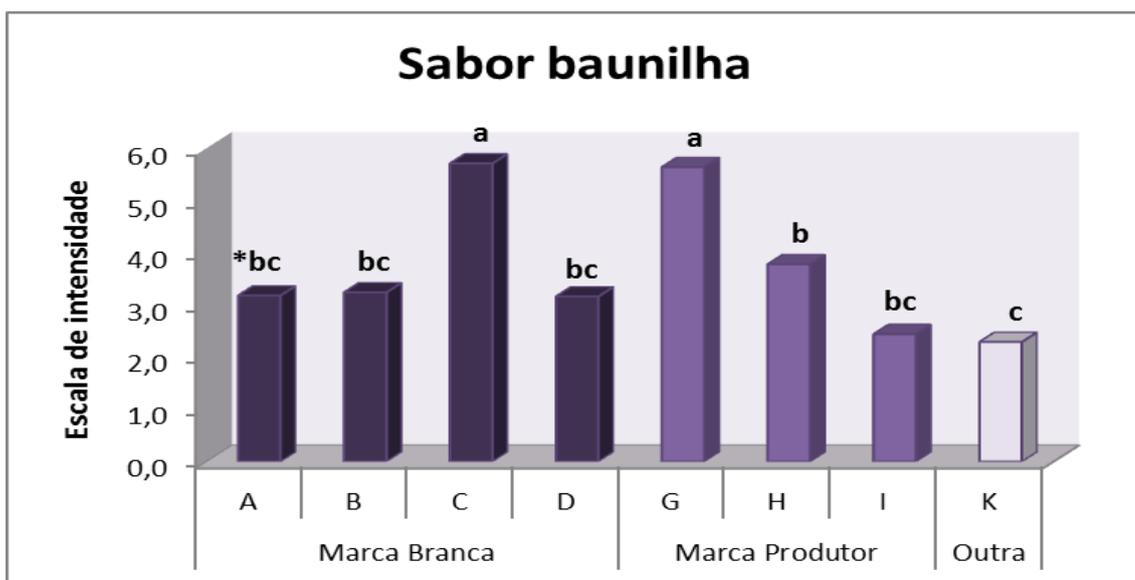


Figura 4.17 Resultados das fichas de prova, das amostras em estudo (sabor: baunilha).

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Das restantes amostras em estudo, a baixa intensidade de valores de baunilha percebidos regista-se em todas, contudo a amostra K (marca espanhola) é aquele em que o sabor é menos pronunciado. As amostras A, B, D (marca branca) e I (marca do produtor) são estatisticamente semelhantes entre si, e com as amostras H (marca do produtor) e maraca K (marca espanhola).

4.6.5. Apreciação Global

A apreciação global pelo painel de provadores, envolve a apreciação das amostras na generalidade das provas sensoriais, sendo que este é o parâmetro que mais se tem em conta no acto da compra de qualquer marca e amostra de bolachas. Assim, destaca-se a amostra amostra C (marca branca) como a que mais apreciadores obteve da análises das suas características, resultado este contrastante com a menor preferência da amostra K (marca espanhola).

Analisando a figura 4.18, em termos de marcas, nas amostras de marca branca, a amostra C reuniu grande consenso de opiniões sendo a preferida pelos provadores, contrastando com a baixa preferência pela amostra B. As amostras B e D, estatisticamente semelhantes, com valores de preferência muito próximos, revelam-se muito semelhantes à amostra A tal como com a amostra K (marca espanhola).

Nas amostras de marca do produtor/outra marca assinala-se a marca H (marca do produtor) como a preferida, ao contrário do registado para a amostra K (marca espanhola). As amostras do produtor registaram grande uniformidade quanto à opinião por parte dos provadores, já que são estatisticamente semelhantes, e com a amostra A de marca branca.

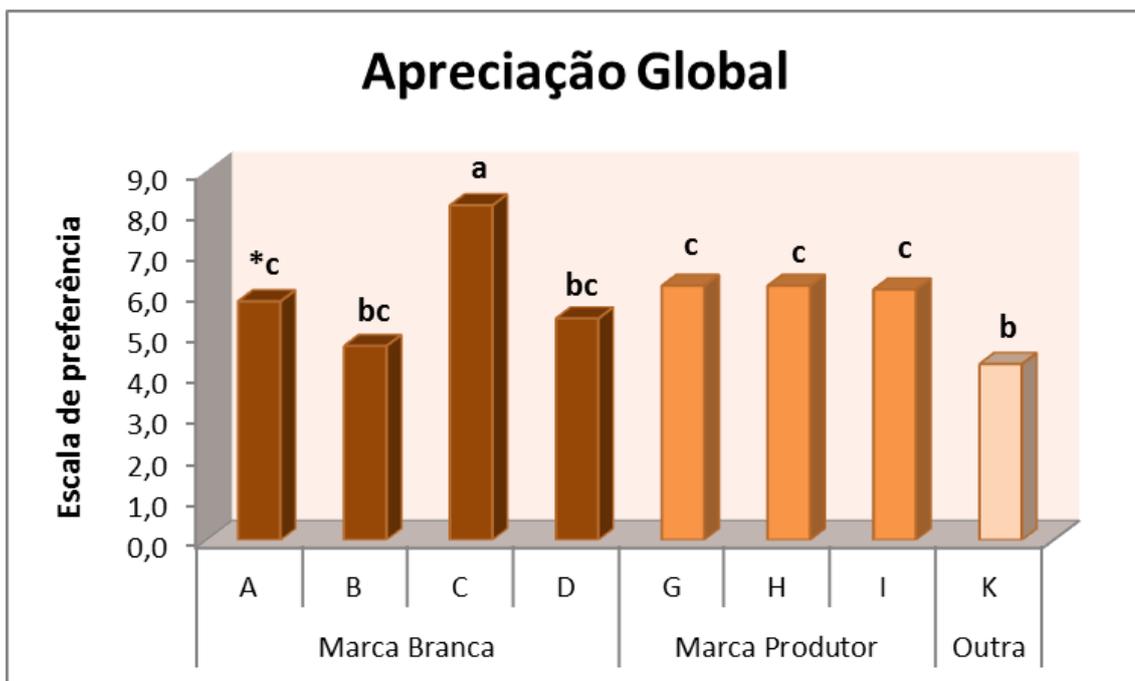


Figura 4.18 Resultados das fichas de prova, relativos à apreciação global das amostras em estudo.

* Colunas marcadas com letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

4.7. ANÁLISE MULTIVARIADA DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos das análises físico-químicas e sensoriais foram submetidos a análise multivariada, através da Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Cluster (AC) com recursos ao software SPSS® versão 19.

Nestas análises foram excluídas todos os parâmetros que permitiram discriminar muito pouco as amostras, tendo sido consideradas as variáveis que constam no Anexo 7.12.

Os resultados da ACP permitem verificar que existem 4 componentes principais que explicam 84,2% da variância total acumulada (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 Valores próprios e extracção das componentes principais da análise.

Componente	Valor próprio	Variância total (%)	Variância total acumulada (%)
1	6,198	32,620	32,6
2	5,049	26,572	59,2
3	2,663	14,016	73,2
4	2,080	10,947	84,2
5	1,758	9,251	93,4
6	0,774	4,073	97,5
7	0,479	2,521	100,000

A Figura 4.19 mostra a relação entre as 3 componentes principais, que explicam 73,2 % da variância acumulada, e as variáveis estudadas. Esta relação é também corroborada pela tabela 4.6, mostrando a importância das variáveis na definição das componentes principais.

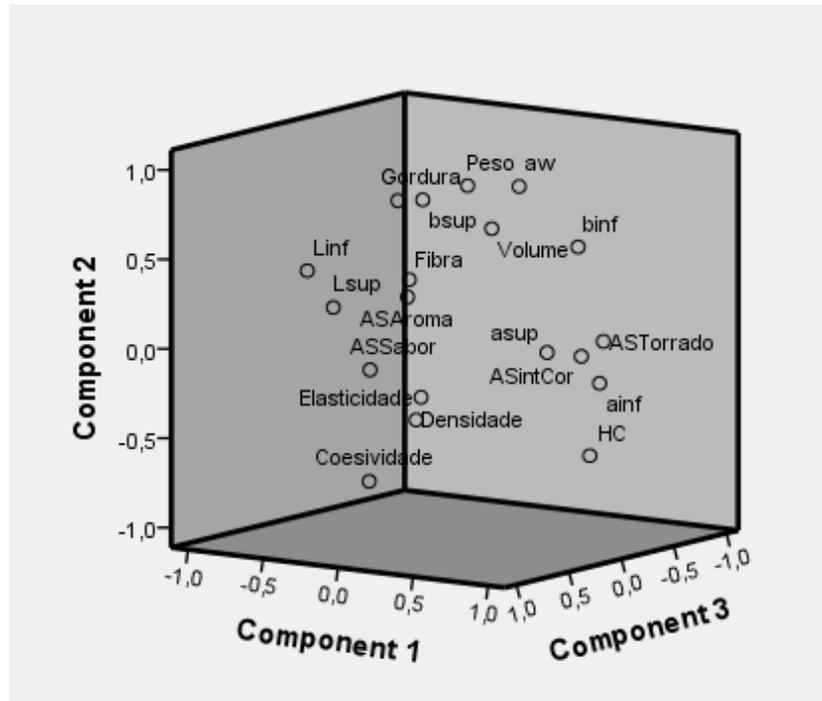


Figura 4.19 Projecção tridimensional das variáveis no plano definido pelas três componentes principais.

Verifica-se que para a 1ª Componente principal, que explica a maior parte da variação existente nos dados (32,6%), as variáveis relacionadas com a cor (L parte superior e inferior da bolacha, a parte superior e inferior da bolacha, intensidade da cor e torrado) são as mais importantes, enquanto a 2ª componente principal é definida pelas variáveis físico-químicas, incluindo a textura. No caso da 3ª componente principal as variáveis sensoriais, aroma e sabor, são as que mais contribuem para a sua definição. Assim, pode-se interpretar as 3 componentes, que permitem caracterizar a estrutura de interligação entre as 19 variáveis, do seguinte modo:

- Componente 1: Características da cor
- Componente 2: Características físico-químicas
- Componente 3: Características olfacto-gustativas

Tabela 4.6 Importância das variáveis na definição das primeiras componentes principais.

Variável	Componente		
	1	2	3
Fibra	-0,309	0,306	-0,009
Gordura	-0,232	0,787	0,212
HC	0,690	-0,620	-0,300
α_w	0,151	0,817	-0,397
Densidade	-0,543	-0,560	-0,407
Peso	-0,027	0,838	-0,160
Volume	0,473	0,718	0,324
Coesividade	-0,249	-0,748	0,458
Elasticidade	-0,286	-0,361	-0,088
Lsup	-0,900	0,074	-0,129
Linf	-0,822	0,339	0,229
asup	0,736	0,030	0,173
ainf	0,796	-0,195	-0,242
bsup	-0,458	0,688	-0,350
binf	0,580	0,530	-0,346
ASintCor	0,901	0,012	0,082
ASAroma	0,235	0,378	0,784
ASSabor	0,069	-0,028	0,905
ASTorrado	0,898	0,065	-0,132

Posteriormente à ACP, foi realizada uma AC (Análise de Cluster), com aplicação do método de Ward, utilizando as variáveis não correlacionadas que representam os dados e que foram obtidas na análise de componentes principais. Na Figura 4.20 encontra-se representado o dendrograma obtido da AC.

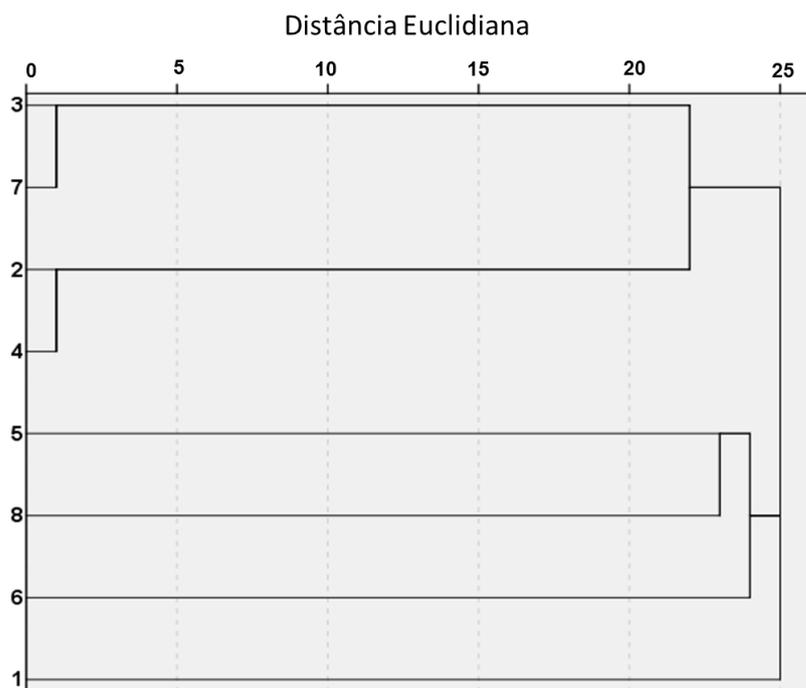


Figura 4.20 Dendrograma das amostras de bolacha Maria.

Como se pode comprovar pela análise do dendrograma (Figura 4.20), para a distância Euclidiana perto de 25 as amostras encontram-se agrupadas em três grupos distintos, sendo a amostra 1 nitidamente diferente das outras amostras. É de salientar que o facto das amostras para distâncias Euclidianas elevadas pertencerem ao mesmo grupo, mostra que existe uma semelhança significativa entre elas, em termos estatísticos tendo por base as variáveis testadas. No entanto, a percepção global do consumidor não corrobora estas conclusões, conforme já foi constatado anteriormente no capítulo 4.3.

Para uma distância Euclidiana inferior a 15 verifica-se a existência de 4 grupos distintos, sendo as amostras 1, 5 e 8 nitidamente distintas. No entanto, as amostras 3/7 e a 2/4, que pertencem aos mesmos grupos respectivamente, a uma distância Euclidiana menor do que 5 são significativamente diferentes. No facto de estatisticamente se comprovar que as amostras 2 e 4 serem semelhantes entre si, também foi comprovado pelos consumidores, que na análise global das características sensoriais das bolachas não as distinguem, sendo-lhe atribuído a mesma classificação.

5. CONCLUSÕES



5. CONCLUSÕES

Dentro da análise das dimensões, quanto à densidade, as bolachas de marca própria apresentam um volume inferior relativamente às amostras de marca do produtor e maraca espanhola, de onde se destaca a amostra C com o maior volume de todas as bolachas, 29,89 cm³. A amostra K de marca espanhola registou um valor de peso de 6,66g, sendo a que se destaca pelo seu elevado peso.

Relativamente à luminosidade, as bolachas das amostras A e G e as amostras B e H são as que visualmente se apresentaram como sendo as mais claras de todas as amostras, em contraste com a amostra C de tonalidade mais escura.

Nos parâmetros de cromaticidade, o amarelo (b^*) em ambas as partes da bolacha é mais significativa do que o vermelho (a^*), apresentando valores mais elevados. Em ambas as partes da bolacha a tonalidade vermelha (a^*) é muito leve, devido ao registo de valores muito baixos.

Quanto ao teor em humidade pode-se concluir que o teor mais baixo, de 1,08 %, é o da bolacha da amostra B do tipo de marca branca, registando-se o teor mais elevado, de 5,41 %, na bolacha da amostra H, do tipo de marca do produtor.

No teor de cinzas verifica-se a obtenção de teores baixos e semelhantes em todas as amostras, com a exceção da amostra H que revela um valor mais elevado relativamente à média dos restantes valores obtidos, com o valor de 1,69 %.

A marca espanhola regista um baixo teor de proteína, 5,76 %. Comparando as restantes amostras, verificou-se que existe uma grande semelhança entre os valores das amostras C e D do tipo de marca branca e G do tipo de marca do produtor.

A larga variabilidade e os valores elevados nos teores de gordura devem-se à utilização de manteiga na formulação das bolachas que, conseqüentemente, lhe atribui o seu aroma característico. Das amostras em estudo, a amostra G, marca própria, apresentou o valor mais elevado quanto ao teor de gordura, 9,97 %, tendo a amostra K, marca espanhola, registado um valor igualmente elevado, 9,65 %, destacando-se da tendência das restantes amostras.

Da determinação do teor de fibra conclui-se que, à exceção da amostra G na qual o teor de fibras é o mais elevado, 0,85 %, nas restantes amostras encontra-se uma grande proximidade nos valores obtidos.

Quanto ao teor em hidratos de carbono apura-se que a amostra G tem o teor de 80,76 %, mais baixo e a amostra D apresenta o teor de 83,54 %, o teor mais elevado neste componente.

Da determinação das isotérmicas a 25 °C verifica-se que a amostra D é a amostra mais estável enquanto a menos estável foi a amostra A. Por outro lado, na determinação a 40 °C a amostra C mostra ser a mais estável e a amostra K a menos estável de todas as amostras. O estudo das isotérmicas permitiu ainda, constatar para as amostras em estudo que a estabilidade das amostras aumenta com o aumento da temperatura, à excepção do que sucede com a amostra K, na qual a temperatura de 40 °C não apresenta um crescimento exponencial.

Das amostras analisadas a que apresenta maior dureza é a amostra B, 158,74 N, enquanto a amostra H, 98,99 N, mostrou ser a que menos resistência apresenta. Este baixo valor de dureza pode ter sido influenciado pelo seu elevado teor de humidade, maior friabilidade da amostra, um teor de gordura elevado, entre outros.

Nos valores de elasticidade registados, as amostras com valores mais baixos correspondiam àquelas em que se registaram valores de dureza mais baixos, amostras H e I, destacando-se o baixo valor da amostra H. As bolachas em que se observaram valores de dureza mais elevados, são aquelas que mais facilmente recuperam a forma inicial. Em relação aos valores indicativos da coesividade não houve uma variância significativa entre as amostras. Para a mastigabilidade obtiveram-se valores variáveis entre as amostras, tendo-se registado o maior valor de mastigabilidade para as amostras B de marca branca e G de marca própria, 70,10 N e 76,13 N respectivamente, resultado dos elevados valores analisados, principalmente em termos de dureza. Contudo relativamente ainda à mastigabilidade, os valores mais baixos registaram-se nas amostras H e K, 40,47 e 38,53 respectivamente, as quais apresentaram valores relativamente baixos nos parâmetros da dureza, coesividade e elasticidade os quais influenciam directamente este parâmetro

Nas características sensoriais analisadas a intensidade do sabor reuniu maior consenso quanto às opiniões dos provadores, de onde se destaca que a amostra C é a que maior intensidade apresenta. Na intensidade da cor as amostras C, I e K foram apontadas como as de cor mais intensa. A preferência dos provadores quanto ao sabor revela a amostra C, do grupo de marca branca, como aquele que melhor reuniu as características em termos de paladar que mais lhes agradam, consequência da identificação de maiores intensidades de características que as constituem. Neste parâmetro a amostra K revelou pouca preferência por parte dos provadores.

Na análise do teste sensorial da textura, o painel de provadores destacou a amostra C (de marca branca) pela sua elevada dureza, e a amostra K (outra marca) como a que apresenta menor rigidez.

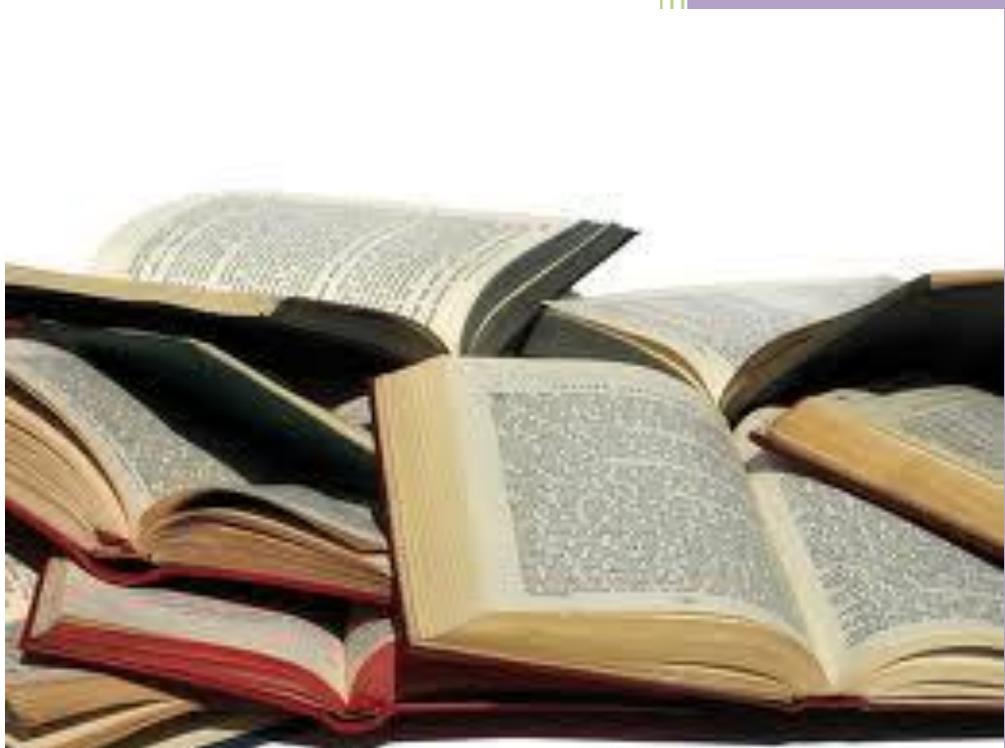
Analisando em termos de marcas, nas amostras de marca branca, a amostra C reuniu grande consenso de opiniões tendo sido a amostra mais apreciada, ao que a amostra B foi estimada com baixa apreciação. Nas marcas próprias/outra marca assinala-se a marca H como a preferencial, opinião esta oposta à apreciação obtida para a amostra K.

Na generalidade das amostras estudadas, quando analisadas por marcas, os resultados não permitem uma conclusão que possibilite a sua distinção, uma vez que se verificam uma heterogeneidade de valores, os quais se podem explicar através do método de cozedura adoptado e/ou da sua formulação individual.

Ainda assim, de todas as amostras estudadas, a amostra D, foi aquela que em termos de luminosidade e cromaticidade, quer na parte superior quer inferior, registou valores mais uniformes e próximos.

Pela análise do dendograma efectuados num primeiro agrupamento a amostra 1 (A) é nitidamente diferente das outras amostras, sendo que apesar das amostras pertencerem ao mesmo grupo, existe uma semelhança significativa entre elas, em termos estatísticos tendo por base as variáveis testadas. Contudo, a percepção global do consumidor não corresponde a estas conclusões preferindo a amostra C. Pelo facto de estatisticamente se comprovar que as amostras 2 (B) e 4 (D) serem semelhantes entre si, na análise global das características sensoriais das bolachas os provadores não fazem distinção entre estas amostras.

6. BIBLIOGRAFIA



6. BIBLIOGRAFIA

Al-Muhtaseb, A. H.; Hararah, M. A.; Megahey, E. K.; McMinn, W. A. M. & Magee, T. R. A. (2010). Moisture adsorption isotherms of microwave-baked Madeira cake. *Food Science and Technology*, 43, 1042-1049.

Al-Muhtaseb, A. H.; McMinn, W. A. M.; Magee, T. R. A. (2004). Water sorption isotherms of starch powders Part 1: mathematical description of experimental data. *Journal of Food Engineering*, 61, 297-307.

Alhamdan, A. M. & Hassan, B. H. (1999). Water sorption isotherms of date pastes as influenced by date cultivar and storage temperature. *Journal of Food Engineering*, 39, 301-306.

Anderson, R. B. (1946). Modifications of the BET Equation. *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 686-691.

Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, ST: Editorial ACRIBIA, S.A..

Arogba, S. S. (2001). Effect of temperature on the moisture sorption isotherm of a biscuit containing processed mango (*Mangifera indica*) kernel flour. *Journal of Food Engineering*, 48, 121-125.

Baik, O. D.; Marcotte, M. & Castaigne, F. (2000). Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens part II. Evaluation of quality parameters. *Food Research International*, 33, 599-607.

Berg, C. V. D. (1984). *Description of Water Activity of Foods for Engineering Purposes by Means of The G.A.B. Model of Sorption in Engineering and Food: Engineering Science In The Food Industry*, vol. 1, Great Yarmouth: Elsevier Applied Science Publishers.

Bourne, M. C. (1975). Interpretation of force curves from instrumental texture measurements em Rheology and Texture in Food Quality. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.

Brunauer, S.; Deming, L. S.; Deming, W. S.; Teller, E. (1940). On a theory of the van der Waals adsorption of gases. Journal Am. Chem. Soc., 62, 1723-1732.

Brunauer, S.; Emmett, P. H.; Teller, E (1938). Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. J. Amer. Chem. Soc., 60, 309-319.

Cadden, A. M. (1998). Moisture sorption of several food fibres. Journal of Food Science, 53, 1150-1155.

Cauvin, S.; Young, L. (2006). Productos de panadería: Ciencia, Tecnología y Práctica (1.ª). Zaragoza-España, ST: Editorial Acribia, S. A..

Chauvin, M. A. (2007). Food Texture and Perception. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Food Science. Washington, ST: Washington State University.

Chen, C. S.; Clayton, J. T. (1971). The Effect of Temperature on Sorption Isotherms of Biological Materials. Trans. ASAE, 14, 927-929.

Chirife, J.; Iglesias, H. A. (1978). Equations for Fitting Water Sorption Isotherms of Foods: Part I – a Review, Journal of Food technology, 13, 159-174.

Chung, D. S.; Pfoest, H. B. (1967). Adsorption and Desorption of Water Vapour by Cereal Grains and their Products. Part I. Heat and Free Energy Changes of Adsorption and Desorption. Trans. ASAE, 10, 549-551.

deBoer, J. H. (1953). The Dynamical Character of Adsorption. Clarendon Press: Oxford.

Earle, R. L. (1988). Ingeniería de los Alimentos. 2ª Ed., Zaragoza: Acribia

Fellows, P. (1994). Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Practicas. Zaragoza: Acribia.

Foust, A. S.; Wenzel, L. A.; Clump, C. W.; Maus, L.; Andersen, L. B. (1980). Principles of Unit Operations. 2nd Ed., New York: John Wiley & Sons.

Francis, F. J. (2005). Colorimetric Properties of Foods. Em Rao, M. A.; Rizvi S. S. H. & Datta A. K. (Eds.), Engineering Properties of Foods (3rd ed, pp. 703-732). New York, ST: Taylor & Francis Group.

Gaines, C. S.; Kassuba, A. & Finney, P. (1992). Instrumental Measurement of Cookie Hardness. I. Assessment of Methods. American Association of Cereal Chemists, Inc., 69 (2): 115-119.

Grandison, A. S. (2006). Postharvest Handling and Preparation of Foods for Processing. Em Brennan, J. G. (Eds), Food Processing Handbook. Weinheim, ST: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Greenfield, H.; Southgate, D.A.T. (2003). Food composition data: production, production, management, and use. 2nd Edition, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Guggenheim, E. A. (1966). Applications of Statistical Mechanics. Clarendon Press: Oxford.

Guiné, R. P. F.; Castro, J. A. A. M. (2002). Experimental Determination and Computer Fitting of Desorption Isotherms of D. Joaquina Pears. Food and Bioproducts Processing: Trans IchemE, part C, 80(C3), 149-154.

Halsey, G. (1948). Physical Adsorption on Non-Uniform Surfaces. Journal of Chemical Physics, 16, 931-937.

Henderson, S. M. (1952). A Basic Concept of Equilibrium Moisture. Agric. Eng., 33, 29-32.

Hoseney, R. C. (1998). Principles of Cereal, Science and Technology (2.^o). St. Paul, Minnesota, USA, ST: American Association of Cereal Chemists, Inc.

Iglesias, H. A.; Chirife, J. (1978). An Empirical Equation for Fitting Water Sorption Isotherms of Fruits and Related Products. *J. Can. Inst. Food Sci. Technol.*, 11, 12-15.

Karaoğlu, M. M.; Kotancilar, H. G. (2009). Quality and textural behavior of par-baked and rebaked cake during prolonged storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 93-99.

Kemp, S. E.; Hollowood T.; Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation: A Practical Handbook* (1st). United Kingdom, ST: Wiley-Blackwell.

Kim, M. K.; Okos, M. R. (1999). Some physical, mechanical, and transport properties of crackers related to the cheking phenomenon. *Journal of Food Engineering*, 40, 189-198.

Labuza, T. P.; Kaanane, A.; Chen, J. Y. (1985). Effect of Temperature on the Moisture Sorption Isotherms and Water Activity Shift of two Dehydrated Foods. *Journal of Food Science*, 50, 385-391.

Langmuir, I. (1918). The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum. *J. Am. Chem. Soc.*, 40, 1361-1402.

Lara, E.; Cortés, P.; Briones, V.; Perez, M. (2011). Structural and physical modifications of corn biscuits during baking process. *Journal of Food Science and Technology*, 44, 622-630.

Loncin, M.; Caabeiro, J. C. (1965). *Técnica de la Ingeniería Alimentaria*. Madrid: Editorial Dossat.

Mafart, P. (1994). *Ingeniería Industrial Alimentaria*. vol. I, Zaragoza: Acribia.

Manley, D. (1998). *Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing: Manual 1 – Ingredients*. Cambridge-England, ST: Woodhead Publishing Limited.

Manley, D. J. R. (2000). *Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* (3.^ª). Cambridge-England, ST: Woodhead Publishing Limited.

Matuda, T.G. (2008). Estudo de congelamento de massa de pão: Determinação experimental das propriedades termofísicas e desempenho de panificação. Dissertação para obtenção de grau de Doutor em Engenharia Química. São Paulo.

McMinn, W. A. M.; McKee, D. J.; Magee, T. R. A. (2007). Moisture adsorption behavior of oatmeal biscuit and oat flakes. *Journal of Food Engineering*, 79, 481-493.

Meilgaard M; Civille, G. V; Carr, B. T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3rd). United States of America, ST: CRC Press LLC.

Moore, D. S.; McCabe, G. (2004). *Introduction to the practice of statistics*. New York, Freeman.

Monteiro, A. R. G.; Martins, M. F. (2003). Processo de produtos na indústria de biscoitos: Estudos em casos de fabricantes de médio porte. IV Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produtos, 4.º CBGDP, 1-10.

Monteiro, S. M. N. (2007). *Controlo da Qualidade e Criação de Novos Produtos na Empresa Fábrica do Pão*. Viseu, ST: Escola Superior Agrária de Viseu.

Morales, A. A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza. Editorial Acribia, S. A..

Moss, J. R.; Otten, L. (1989). A relationship between colour development and moisture content during roasting of peanuts. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 22, 34-39.

NP 2966 (1993). *Derivados de cereais. Pão. Determinação dos teores de água e de material-seca-* (2^a edição). Lisboa: IPQ.

NP 4168 (1991). *Cereais e derivados. Determinação do teor de material gorda total*. Lisboa: IPQ

Oswin, C. R. (1946). The Kinetics of Package Life. III. The Isotherm. *J. Chem. Ind.*, 65, 419-423.

Palipane, K. B.; Driscoll, R. H. (1992). Moisture sorption characteristics of inshell macadâmia nuts. *Journal of Food Engineering*, 18, 63-76.

Palou, E.; López-Malo, A. & Argaiç, A. (1997). Effect of Temperature on the Moisture Sorption Isotherms of some Cookies and Corn Snacks. *Journal of Food Engineering*, 31, 85-93.

Park, K.J.; António, G.C. (2006). *Análises de Materiais Biológicos*. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas.

Park, K. J.; Bin, A.; Brod, F. P. R. (2001). Obtenção das Isotermas de Sorção e Modelagem Matemática Para a Pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) Com e Sem Desidratação Osmótica. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 21(1), 73-77.

Park, K. J.; Bin, A.; Brod, F. P. R.; Park, T. H. K. B. (2002). Osmotic Dehydration Kinetics of Pear D'Anjou (*Pyrus communis L.*). *Journal of Food Engineering*, 52, 293-298.

Pedersen, L.; Kaack, K.; Bergsøe, M. N. & Alder-Nissen, J. (2004). Rheological properties of biscuit dough from different cultivars, and relationship to baking characteristics. *Journal of Food Cereal Science*, 39, 37-46.

Perrot, N.; Trystram, G.; Guennec, D. L. & Guely, F. (1996). Sensor Fusion for Real Time Quality Evaluation of Biscuit during Baking. Comparison between Bayesian and Fuzzy Approaches. *Journal of Food Engineering*, 29, 301-315.

Piteira, M. F. C. (2005). *Alimentos Funcionais: Incorporação de Fibras em Bolachas*. Doutorado em Engenharia Agro-Industrial. Lisboa, ST: Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia.

Rao, M. A.; Rizvi, S. S. H. (1995). *Engineering Properties of Foods*, Academic Press, New York, NY.

Rao V. N. M. & Quintero X. (2005). Rheological Properties of Solid Foods. Em Rao, M. A.; Rizvi S. S. H. & Datta A. K. (Eds.), *Engineering Properties of Foods* (3rd ed, pp. 101-147). New York, ST: Taylor & Francis Group.

Ribeiro, P.S. (2009). Aproximação ao Estudo da Tipicidade do Pão de Mafra. Dissertação para obtenção de grau de mestre em Engenharia Alimentar. Lisboa.

Rizvi, S. S. H. (1986). Thermodynamic Properties of Foods in Dehydration in Engineering Properties of Foods. New York: Marcel Dekker.

Rosenthal, A. J. (2001). Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. Em Rosenthal, A. J. (Eds), Textura de los alimentos: Medida y percepción (1st ed, pp. 1-17). Zaragoza – España, ST: Editorial ACRIBIA, S.A..

Saltin, S.; Sumnu, S. G. (2006). Physical Properties of Foods. Ankara-Turkey, ST: Food Science Text Series.

Sampaio, R. M.; Marcos, S. K.; Moraes, I. C. F.; Perez, V. H. (2009). Moisture adsorption behavior of biscuits formulated using wheat, oatmeal and passion fruit flour. Journal of Food Processing and Preservation, 33, 105-113.

Samapundo, S.; Devlieghere, F.; Meulenaer, B. D.; Atukwase, A.; Lamboni, Y.; Debevere J. M. (2007). Sorption isotherms and isosteric heats of sorption of whole yellow dent corn. Journal of Food Engineering, 79, 168-175.

Sancho J.; Bota E.; Castro J.J. (1999). Introducción de análisis sensorial de los alimentos. Barcelona. Edicions Universitet de Barcelona.

Seyhun, N.; Smnu, G.; Sahin, S. (2003). Effects of different emulsifier types, fat, contents, and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. Nahrung/Food, 47, 248-251.

Shibukawa, S.; Sugiyama, K.; Yano, T. (1989). Effects of heat-transfer by radiation and convection on browning of cookies at baking. Journal of Food Science, 54 (3), 621-624.

Sidel, J. L.; Stone, H. (1993). The role of sensory evaluation in the food industry. Food Quality and Preference, Volume 4, 65-73.

Sudha, M. L.; Vetrmani, R. & Leelavathi, K. (2007). Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 100, 1365-1370.

Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.

Szczesniak, A. S.; Loew, B. J. & Skinner, E. Z. (1975). Consumer texture profile technique. *Journal of Food Science*, 40, 1253-1256.

Stanton, J. M. (2001). Galton, Pearson, and the peas: A brief history of linear regression for statistics instructors. *Journal of Statistical Education*, 9, 3.

Toneli, J. T. C. L.; Murr, F. E. X.; Park, K. J. (2005). Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.7, n.º 2, 181-204.

Townsend, G. M. (s/d). Cookies, Cakes, and other flour confectionery. Em Dendy, D. A. V. & Dobraszczyk (Eds.), *Cereal and Cereal Products: Chemistry and Technology* (pp. 233-253). Gaithersburg-Maryland, ST: An Aspen Publication, Aspen Publishers, Inc..

Tsami, E.; Marinos-Kouris, D.; Maroulis, Z. B. (1990). Water Sorption Isotherms of Raisins, Currants, Figs, Prunes and Apricots. *Journal of Food Science*, 55, 1594-1597.

Van den Berg, C.; Bruin, S. (1981). Water activity and its estimation in food systems. In L. B. Rockland & G. F. Stewart (Eds.), *water activity: influences on food quality* (pp. 147-177). New York: Academic Press.

Vázquez-Uña, G., Chenlo-Romero, F., Moreire-Martínez, R. (2001a). Adsorption and Desorption Isotherms of Lupin (*Lupinus albus* L.) at Several Temperatures. *CHEMPOR 2001: 8th International Conference of Chemical Engineering*, 1071-1076, Universidade de Aveiro, Portugal.

Vázquez-Uña, G., Chenlo-Romero, F., Moreire-Martínez, R. (2001b). Sorption Isotherms of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) at 25°C and 35 °C. CHEMPOR 2001: 8th International Conference of Chemical Engineering, 1077-1081, Universidade de Aveiro, Portugal.

Viswanathan, R.; Jayas, D. S.; Hulasare, R. B. (2003). Sorption Isotherms of Tomato Slices and Onion Shreds. *Biosystems Engineering*, 86(4), 465-472.

Voisey, P. W. (1975). Instrumental measurement of food texture em Rheology and Texture in Food Quality. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.

Vulicevic, I. R.; Abdel-Aalb, E. S. M.; Mittal, G. S.; Lu, X. (2004). Quality and storage life of par-baked frozen breads. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 37, 205-213.

Weisser, H. (1986). Influence of temperature on Sorption Isotherms in Food Engineering and Process Applications: Transport Phenomena. vol. 1, Alberta: Elsevier Applied Science Publishers.

WHO/FAO. (1998). Carbohydrates in human nutrition. Rome FAO, (FAO food and nutrition paper no. 66).

www-1. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Maria_\(bolacha\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Maria_(bolacha)). Consultado em 17 de Fevereiro de 2012).

www-2. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Maria_\(bolacha\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Maria_(bolacha)) consultado em 17 de Fevereiro de 2012 e <http://steinhardts.wordpress.com/2011/10/14/quem-era-a-maria-das-bolachas/> consultado em 19 de Fevereiro de 2012.

www-3. http://es.wikipedia.org/wiki/Galleta_Mar%C3%ADa;
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Maria_\(bolacha\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Maria_(bolacha)) consultado em 17 de Fevereiro de 2012.

www-4. <http://steinhardts.wordpress.com/2011/10/14/quem-era-a-maria-das-bolachas/> consultado em 19 de Fevereiro de 2012.

www-5. Marcelino, K. J. (s/data). A importância da estatística na actualidade. Disponível em:

http://www2.ouvidoria.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=199119&folderId=201437&name=DLFE-20714.pdf. Consultado em: 31 de Julho de 2012.

www-6. Ramos (2007). Estatística: poderosa ciência ao alcance de todos. Disponível em:

<<http://www.ufpa.br/beiradorio/arquivo/Beira21/opinioao.html>>. Consultado em 31 de Julho de 2012.

www-7. Análise multivariada. In Infopédia [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2012. Disponível na www: <URL: [http://www.infopedia.pt/\\$analise-multivariada](http://www.infopedia.pt/$analise-multivariada)>. Consultado a 26 de Agosto de 2012.

www-8. Análise de componentes principais (PCA) e Cluster. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/analise-de-componente-principal-pca-e-classificacao-atraves-de-clustering/68217/> ; Consultado a 26 de Agosto de 2012.

www-9. Delineamento Experimental. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/52870384/30/Delineamento-Experimental>. Consultado em 24 de Agosto de 2012.

www-10. RSM (Response Surface Methodology). Disponível em: http://www.brad.ac.uk/staff/vtoropov/burgeon/thesis_luis/chapter3.pdf; Consultado em 24 de Agosto de 2012.

Zenebon, O.; Pascuet, N.S.; Tiglea, P. (2008) Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. Capítulo VI - Análise Sensorial. 4ª Edição. Núcleo de Informação e Tecnologia – NIT/IAL, S. Paulo.

Ziegler, F. L. F (2006). Desenvolvimento de um produto dietético funcional para idosos. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP: [s.n.].

Zoulias, E. I.; Oreopoulou, V.; Tzia, C. (2002). Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate – or protein – based fat replacers. *Journal of Food Engineering*, 55, 337-342.

7. ANEXOS



7. ANEXOS

7.1. Anexo: Correlação entre a análise química

Tipo de Marca	Proteína	Fibra	Gordura	Cinza	Humidade	Hidratos de Carbono
Proteína	1					
Fibra	0,040	1				
Gordura	-0,477	0,393	1			
Cinza	0,288	-0,058	-0,097	1		
Humidade	0,181	-0,232	0,291	0,728*	1	
Hidratos de Carbono	-0,187	-0,594	-0,754*	-0,215	-0,451	1

Nível de significância de 0,01**

Nível de significância de 0,05*

7.2. Anexo: Correlação entre a análise química, actividade da água, dimensões e textura.

Tipo de Marca	Proteína	Fibra	Gordura	Cinza	Humidade	Hidratos de Carbono
a_w	-0,437	0,380	0,485	0,364	0,434	-0,322
Densidade	0,348	-0,097	-0,205	-0,529	-0,279	0,094
Peso	-0,611	0,112	0,819*	0,085	0,340	-0,459
Volume	-0,462	0,121	0,391	0,511	0,346	-0,207
Dureza	0,374	0,398	-0,028	-0,232	-0,494	-0,260
Elasticidade	-0,085	0,439	0,100	-0,531	-0,702	-0,063
Coesividade	0,445	-0,116	-0,410	-0,174	-0,447	0,158
Mastigabilidade	0,412	0,198	-0,154	-0,237	-0,483	-0,120

Nível de significância de 0,01**

Nível de significância de 0,05*

7.3. Anexo: Correlação entre a análise química e a cor.

Tipo de Marca	Proteína	Fibra	Gordura	Cinza	Humidade	Hidratos de Carbono
Lsup	0,736*	0,220	0,042	0,426	0,434	-0,586
Linf	0,350	0,250	0,601	-0,062	0,374	-0,838**
asup	-0,725*	-0,099	0,171	-0,578	-0,398	0,371
ainf	-0,368	-0,133	-0,520	0,195	-0,308	0,727*
bsup	0,033	-0,025	0,518	0,318	0,718*	-0,550
binf	-0,518	-0,109	0,036	0,551	0,292	0,227

Nível de significância de 0,01**

Nível de significância de 0,05*

7.4. Anexo: Correlação entre a análise química e a análise sensorial.

Tipo de Marca	Proteína	Fibra	Gordura	Cinza	Humidade	Hidratos de Carbono
Cor: intensidade	-0,684	-0,402	-0,062	-0,325	-0,259	0,599
Cor: homogeneidade	-0,465	0,505	0,640	-0,461	-0,115	-0,361
Rugosidade	-0,209	0,481	0,356	0,133	0,270	-0,318
Aroma: intensidade	-0,326	0,128	0,431	0,336	0,293	-0,322
Aroma: Baunilha	-0,160	0,215	0,448	0,192	0,174	-0,438
Aroma: Cereal	-0,212	0,088	-0,149	-0,363	-0,395	0,331
Dureza	0,163	0,166	-0,165	0,153	-0,022	-0,014
Crocância	0,660	0,228	-0,291	0,411	0,216	-0,234
Sabor: intensidade	0,178	-0,309	0,016	0,336	0,407	-0,136
Sabor: doce	0,250	-0,041	0,079	0,739*	0,602	-0,348
Sabor: manteiga	-0,024	0,147	0,583	0,234	0,350	-0,642
Sabor: Baunilha	-0,063	0,259	0,383	0,225	0,124	-0,447
Apreciação Global	-0,019	-0,227	0,032	0,286	0,229	-0,044

Nível de significância de 0,01**

Nível de significância de 0,05*

7.5. Anexo: Correlação entre a actividade da água, dimensões e textura.

Tipo de Marca	a_w	Densidade	Peso	Volume	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
a_w	1							
Densidade	-0,372	1						
Peso	0,611	-0,285	1					
Volume	0,496	-0,970**	0,510	1				
Dureza	-0,586	0,311	-0,268	-0,343	1			
Elasticidade	-0,276	0,498	-0,037	-0,453	0,782*	1		
Coesividade	-0,890**	0,296	-0,565	-0,408	0,828*	0,515	1	
Mastigabilidade	-0,692	0,426	-0,322	-0,460	0,973**	0,766*	0,897**	1

Nível de significância de 0,01**

Nível de significância de 0,05*

7.6. Anexo: Correlação entre a actividade da água, dimensões, textura e a cor.

Tipo de Marca	a_w	Densidade	Peso	Volume	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
Lsup	-0,002	0,349	0,023	-0,295	0,354	0,075	0,153	0,370
Linf	-0,045	0,243	0,342	-0,132	0,278	0,036	0,008	0,224
asup	0,035	-0,258	0,063	0,232	-0,341	-0,057	-0,234	-0,390
ainf	0,177	-0,360	-0,233	0,267	-0,266	-0,038	-0,072	-0,238
bsup	0,548	0,049	0,680	0,132	-0,411	-0,373	-0,619	-0,408
binf	0,685	-0,617	0,468	0,679	-0,593	-0,377	-0,586	-0,599

Nível de significância de 0,01**

Nível de significância de 0,05*

7.7. Anexo: Correlação entre actividade da água, dimensões, textura e análise sensorial.

Tipo de Marca	a_w	Densidade	Peso	Volume	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
Cor: intensidade	0,012	-0,416	0,057	0,373	-0,529	-0,322	-0,261	-0,520
Cor: homogeneidade	0,586	0,295	0,532	-0,131	-0,140	0,351	-0,565	-0,229
Rugosidade	0,762*	-0,426	0,282	0,451	-0,575	-0,457	-,0831*	-0,736*
Aroma: intensidade	0,153	-0,621	0,183	0,610	0,053	-0,093	0,055	-0,042
Aroma: Baunilha	-0,049	-0,350	0,101	0,347	0,363	0,184	0,306	0,279
Aroma: Cereal	0,263	0,561	0,128	-0,469	-0,095	0,427	-0,259	-0,032
Dureza	-0,224	-0,335	-0,567	0,160	0,187	-0,085	0,337	0,107
Crocância	-0,242	-0,104	-0,655	-0,063	0,308	-0,128	0,395	0,255
Sabor: intensidade	-0,344	-0,392	-0,250	0,289	0,044	-0,392	0,338	0,043
Sabor: doce	0,003	-0,541	-0,082	0,476	0,066	-0,370	0,188	0,028
Sabor: manteiga	-0,108	-0,407	0,271	0,438	0,337	-0,009	0,258	0,250
Sabor: Baunilha	-0,099	-0,259	0,065	0,259	0,502	0,312	0,415	0,431
Apreciação Global	-0,310	-0,475	-0,216	0,373	0,123	-0,216	0,388	0,108

Nível de significância de 0,01** Nível de significância de 0,05*

7.8. Anexo: Correlação entre a análise da cor e a análise sensorial.

Tipo de Marca	Lsup	Linf	asup	ainf	bsup	binf
Lsup	1					
Linf	0,628	1				
Asup	-0,946**	-0,369	1			
Ainf	-0,553	-0,978**	0,282	1		
Bsup	0,538	0,606	-0,405	-0,531	1	
Binf	-0,248	-0,535	0,059	0,655	0,228	1
Cor: intensidade	-0,947**	-0,552	0,895**	0,475	-0,347	0,323
Cor: homogeneidade	-0,049	0,265	0,249	-0,239	0,381	0,002
Rugosidade	-0,137	0,070	0,267	0,006	0,354	0,332
Aroma: intensidade	-0,254	-0,023	0,240	0,086	-0,203	0,166
Aroma: Baunilha	-0,063	0,162	0,087	-0,117	-0,244	-0,123
Aroma: Cereal	0,016	-0,268	-0,050	0,258	0,134	0,190
Dureza	-0,258	-0,212	0,234	0,188	-0,635	-0,239
Crocância	0,312	0,071	-0,325	-0,065	-0,337	-0,360
Sabor: intensidade	-0,088	0,110	0,079	-0,145	-0,231	-0,205
Sabor: doce	0,217	0,098	-0,285	-0,026	-0,029	0,109
Sabor: manteiga	0,123	0,502	-0,031	-0,446	0,044	-0,205
Sabor: Baunilha	0,071	0,168	-0,072	-0,110	-0,257	-0,146
Apreciação Global	-0,255	-0,082	0,199	0,064	-0,413	-0,090

Nível de significância de 0,01** Nível de significância de 0,05*

7.9. Anexo: Correlação entre a análise sensorial

Tipo de Marca	Cor: intensidade	Cor: homogeneidade	Rugosidade	Aroma: intensidade	Aroma: Baunilha	Aroma: Cereal	Dureza	Crocância	Sabor: intensidade	Sabor: doce	Sabor: manteiga	Sabor: Baunilha	Apreciação Global
Cor: intensidade	1												
Cor: homogeneidade	-0,053	1											
Rugosidade	0,185	0,472	1										
Aroma: intensidade	0,151	-0,146	0,042	1									
Aroma: Baunilha	-0,094	-0,104	-0,175	0,931**	1								
Aroma: Cereal	-0,074	0,561	0,004	-0,696	-0,651	1							
Dureza	0,110	-0,385	0,025	0,675	0,661	-0,669	1						
Crocância	-0,402	-0,472	-0,022	0,394	0,466	-0,600	0,819*	1					
Sabor: intensidade	0,113	-0,604	-0,204	0,726*	0,699	-0,925**	0,733*	0,626	1				
Sabor: doce	-0,211	-0,549	-0,067	0,777*	0,729*	-0,817*	0,644	0,702	0,838**	1			
Sabor: manteiga	-0,153	-0,171	-0,117	0,810*	0,878**	-0,807*	0,453	0,369	0,735*	0,730*	1		
Sabor: Baunilha	-0,247	-0,131	-0,289	0,861**	0,978**	-0,569	0,606	0,487	0,622	0,713*	0,841**	1	
Apreciação Global	0,210	-0,561	-0,256	0,847**	0,813*	-0,857**	0,794*	0,567	0,951**	0,819*	0,742*	0,746*	1

7.10. Anexo: Ficha de Prova

FICHA DE PROVA Bolachas do tipo Maria

Nome _____

Idade: _____

Sexo: _____

Ocupação: _____

CÓDIGO DA AMOSTRA: _____

TESTES VISUAIS

1. INTENSIDADE DA COR: |-----|
Clara |-----| Escura

2. HOMOGENEIDADE DA COR: |-----|
Homogéneo |-----| Heterogéneo

3. RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE: |-----|
Lisa |-----| Rugosa

TESTES OLFACTIVOS

4. AROMA INTENSIDADE: |-----|
Pouco Intenso |-----| Muito Intenso

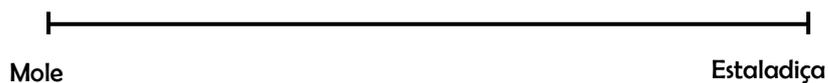
5. AROMA BAUNILHA: |-----|
Indiferenciado |-----| Intenso

6. AROMA CEREAL: |-----|
Indiferenciado |-----| Intenso

TESTES DE TEXTURA

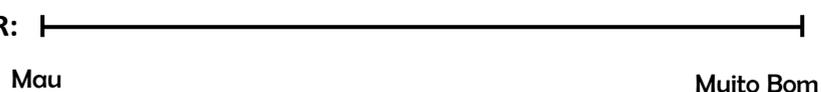
7. DUREZA: |-----|
Macia |-----| Dura

8. CROCÂNCIA:

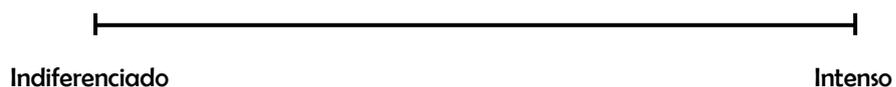


TESTES PALADAR

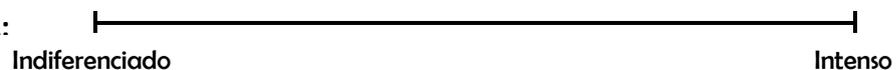
9. INTENSIDADE DE SABOR:



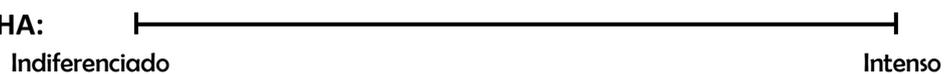
10. SABOR DOCE:



11. SABOR MANTEIGA:

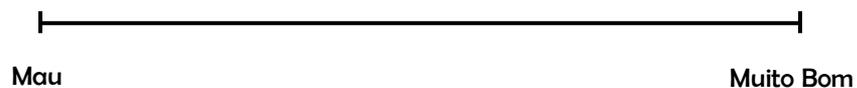


12. SABOR BAUNILHA:



Descreva a que lhe sabe: _____

APRECIÇÃO GLOBAL:



7.11. Anexo: Variáveis submetidas a análise multivariada

Variáveis	Tipos de Marca							
	Própria (Branca)				Produtor			Outra
	A	B	C	D	G	H	I	K
Fibra	0,36	0,49	0,35	0,44	0,85	0,41	0,49	0,47
Gordura	8,89	7,53	8,63	7,81	9,97	8,52	7,56	9,65
Hidratos de Carbono	82,1	83,2	83,3	83,5	80,8	82,2	83,3	82,8
α_w	0,11	0,13	0,14	0,28	0,33	0,41	0,20	0,43
Densidade	0,31	0,28	0,19	0,31	0,26	0,19	0,18	0,22
Peso	5,78	5,52	5,75	5,19	6,00	6,00	5,23	6,66
Volume	18,66	19,92	29,89	17,00	27,95	30,87	29,05	29,79
Coabilidade (adimensional)	0,72	0,78	0,76	0,68	0,70	0,63	0,69	0,59
Elasticidade (%)	63,93	73,22	66,56	67,80	70,39	57,85	59,97	65,61
α inf	4,12	11,33	12,37	12,28	7,16	10,86	11,68	10,96
α sup	10,21	7,86	13,18	12,11	10,23	7,98	12,62	13,39
b inf	29,23	31,99	32,65	31,46	30,93	34,82	32,13	34,52
b sup	33,93	31,74	30,47	31,26	32,59	34,51	31,11	33,91
L inf	78,66	64,61	61,15	60,31	75,40	66,93	62,89	65,60
L sup	69,44	70,73	53,65	59,55	68,89	71,34	57,43	56,21
Aroma	4,13	3,38	6,96	4,36	6,20	5,49	4,53	4,27
Int cor	3,84	2,18	7,84	5,22	2,04	3,07	7,56	7,84
Int sabor	6,47	4,73	7,62	5,38	6,09	6,49	6,31	4,33
Torrado	3,04	3,33	5,09	4,33	2,98	3,00	4,91	5,93