

Estudo do funcionamento de uma linha de produção de ketchup

Catarina Isabel da Costa Batista da Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos

Orientadores: Professora Doutora Margarida Gomes Moldão Martins

Mestre José Pedro Maia e Silva

Júri:

Presidente: Doutora Maria Luisa Louro Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Marta Maria Moniz Nogueira de Abreu, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

Agradecimentos

À Sugal-Group uma referência a nível nacional e, em particular à Doutora Rita Barroso, por me terem proporcionado a oportunidade de realizar este estágio.

Quero agradecer, em particular e de modo especial, ao meu orientador externo, Eng.º Pedro Maia e Silva, pela total disponibilidade, pelo acesso facilitado e rápido a toda a informação relevante para o meu trabalho durante o período de estágio, pelo modelo de profissionalismo e ainda pela forma clara com que me transmitiu conhecimentos e atitudes profissionais do maior valor.

A toda a equipa com quem tive o privilégio de trabalhar nestes seis meses de estágio, em particular, ao Rui Gameiro, à Sandra Lourenço e ao Rui Simões, pela forma como me acolheram e me integraram. Obrigado, sobretudo, pela amizade que ficou entre nós.

À minha orientadora de estágio, Professora Margarida Moldão, pelo empenho, dedicação, ensinamentos e por me ter motivado e estimulado ainda mais a ser uma profissional nesta área. Sem a Sua ajuda, esta experiência não teria sido tão bem sucedida.

À Inês Ferreira e ao Bruno Dantas por terem estado ao meu lado em todos os momentos desta caminhada sem nunca me deixarem desistir. Acreditem, são os melhores do mundo!

À minha família, com um agradecimento muito especial pela solidariedade que sempre me demonstraram ao longo dos desafios a que me vou propondo e, sobretudo, ao meu tio Luís Caeiro, por sempre me ter transmitido que com esforço, disciplina e dedicação tudo é possível.

Por último, agradeço aos meus pais e irmão, que desde o primeiro dia me apoiaram de forma incondicional com dedicação e entusiasmo, não medindo esforços para que eu pudesse concluir mais esta importante etapa da minha vida com sucesso.

A todos o meu muito obrigada!

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

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

(Marthin Luther King)

Resumo

Foi realizado um estágio na empresa de transformação de tomate Sugal-Group. O mesmo decorreu na unidade de segunda transformação, na zona da “cozinha industrial”, e teve como objectivo de estudo a linha de produção de ketchup, mais concretamente, a operação unitária de mistura/agitação dos ingredientes. Para tal, foram analisados, ao longo do tempo de agitação, os parâmetros físico-químicos °Brix, consistência, teor de cloretos, acidez e pH em 13 formulações de ketchup. O produto final, depois de passar todas as operações unitárias do processo foi igualmente caracterizado. Estudou-se, ainda, o impacto de diferentes ordens de adição dos ingredientes maioritários (açúcar, concentrado de tomate, vinagre, sal e água) nas características do produto. Assim, foram analisadas 8 sequências de ingredientes e, ainda, a sequência standard.

Os resultados obtidos evidenciam que o tempo de permanência da mistura nos tanques de agitação influencia significativamente a consistência. Os restantes parâmetros analisados não sofreram variações relevantes. Salienta-se também que depois de o ketchup ser sujeito às operações unitárias do processo ocorreram mudanças a nível do °Brix (aumento dos valores) e da consistência (diminuição dos valores), sendo possível afirmar que ambos são significativamente afectados pelas mesmas. Nos restantes três parâmetros não se registaram variações significativas.

Verificou-se, ainda, que a sequência utilizada actualmente, standard, não é a mais eficiente. Para reduzir tempos de agitação e a utilização de pressões elevadas no homogeneizador, possibilitando a redução de custos de operação, dever-se-á optar pela sequência 3, que garante a homogeneização do produto ao fim de 35 minutos de agitação.

Palavras-chave: ketchup; tempo de agitação; parâmetros físico-químicos; ordens de adição; custos de operação.

Abstract

An internship was carried out at the Tomato Processing Company Sugal-group. It took place in the second processing unit, the « industrial kitchen » area. The focus of the study was the ketchup production line, more specifically the unit operation of the ingredients mixing/shaking. In order to accomplish this, the physical-chemical indicators °Brix, consistency, the level of chlorides, acidity and pH in 13 ketchup formulae were used throughout the shaking phase. After all the unit operations, the final product was equally characterised. The impact of different addition orders of the major ingredients (sugar, tomato concentrate, vinegar, salt and water) in the product was studied. Therefore, 8 sequences of ingredients and the standard sequence were analysed.

The obtained results emphasize that the time the concoction remains on the mixing tanks, significantly influences the consistency. The remaining analysed indicators didn't vary considerably. It should be noted that some changes occurred to the level of °Brix (increase of the values) and the consistency (reduction of the values) of the ketchup after being submitted to the unit operations. It can be stated that both are greatly affected by the unit operations. The remaining three parameters didn't vary considerably.

It was found that the currently used sequence (standard), is not the most efficient one. In order to reduce the time of mixture and the use of high pressure on the homogeniser, thus enabling the operation costs reduction, sequence 3 must be adopted, which will grant the homogenisation of the product after 35 minutes of shaking.

Keywords: ketchup; shaking phase; physical-chemical parameters; addition orders; operation costs

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice	vi
Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras	viii
1. Introdução e Objectivos	1
2. Enquadramento Teórico	3
2.1. Tomate	3
2.1.1. Origem	3
2.1.2. Importância económica	3
2.1.3. Morfologia	6
2.1.4. Composição	7
2.2. Antioxidantes	10
2.2.1. Carotenóides	11
2.2.1.1. Licopeno	17
2.3. Características importantes do tomate para processamento	20
3. Caracterização do local de estágio	21
3.1. A Sugal-Group	21
3.2. Produtos	22
3.2.1. Produtos destinados à indústria (“Industrial”)	22
3.2.2. Produtos destinados ao consumidor (“Retalho”)	22
3.2.3. Produtos destinados à restauração/catering (“Food Service”)	23
3.3. Diagrama de produção do concentrado de tomate	24
3.4. Diagrama de produção de ketchup	27
3.5. Características do produto acabado	30
4. Desenvolvimento experimental	31
4.1. Estudo da influência do tempo de permanência da mistura nos tanques de agitação nas características do ketchup	31
4.1.1. Delineamento experimental	32

4.1.2.	Controlo analítico do ketchup	32
4.1.3.	Análise estatística dos resultados	36
4.2.	Estudo do impacto da ordem de adição dos ingredientes maioritários	37
5.	Resultados e Discussão	39
5.1.	Influência do tempo de permanência da mistura nos tanques de agitação nas características do ketchup	39
5.1.1.	Caracterização das misturas no tanque de agitação	39
5.1.2.	Caracterização do produto final.....	44
5.2.	Impacto da ordem de adição dos ingredientes maioritários no °Brix e na consistência do ketchup.....	51
6.	Conclusões e trabalho futuro	54
7.	Referências Bibliográficas	56

Lista de Tabelas

Tabela 1. Área destinada ao cultivo de tomate	4
Tabela 2. Área destinada ao cultivo de tomate e volume de produção	6
Tabela 3. Composição nutricional do tomate maduro	8
Tabela 4. Conteúdo de carotenóides em alguns alimentos	16
Tabela 5. Conteúdo de licopeno em alguns alimentos e em processados do tomate	19
Tabela 6. Produtos da Sugal-Group destinados à indústria	22
Tabela 7. Informação nutricional do ketchup	30
Tabela 8. Composição das diferentes formulações de ketchup estudadas	31
Tabela 9. Plano de ordem de adição dos ingredientes na formulação de ketchup	38

Lista de Figuras

Figura 1. Principais produtores de tomate a nível mundial	4
Figura 2. Principais produtores de tomate a nível europeu	5
Figura 3. Representação esquemática da morfologia do tomate	7
Figura 4. Estrutura molecular dos carotenóides	12
Figura 5. Estrutura molecular de alguns dos carotenóides mais comuns	13
Figura 6. Estrutura química do Licopeno	17
Figura 7. Estruturas dos isómeros Trans e Cis do Licopeno	18
Figura 8. Diagrama de produção de concentrado de tomate	24
Figura 9. Diagrama de produção de Ketchup	28
Figura 10. Refractómetro RFM 330 +	33
Figura 11. Consistómetro de Bostwick	33
Figura 12. Procedimento para determinação do teor de cloretos	34
Figura 13. Procedimento para a determinação da % de acidez	35
Figura 14. Potenciómetro HI 2210 pH Meter	36
Figura 15. Variação dos valores médios de °Brix ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas	39
Figura 16. Variação dos valores médios da consistência ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas	41
Figura 17. Variação dos valores médios de teor de cloretos ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas	42
Figura 18. Variação dos valores médios de acidez ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas	43

Figura 19. Variação dos valores médios de pH ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas	44
Figura 20. Comparação dos valores de °Brix do ketchup à saída do tanque de agitação e no final	45
Figura 21. Comparação dos valores de consistência do ketchup à saída do tanque de agitação e no final	46
Figura 22. Comparação dos valores de teor de cloretos do ketchup à saída do tanque de agitação e no final	48
Figura 23. Comparação dos valores de acidez do ketchup à saída do tanque de agitação e no final	49
Figura 24. Comparação dos valores de pH do ketchup à saída do tanque de agitação e no final	50
Figura 25. Variação do °Brix do ketchup para as diferentes ordens de adição de ingredientes em função do tempo de agitação	51
Figura 26. Variação da consistência do ketchup para as diferentes ordens de adição de ingredientes em função do tempo de agitação	51

1. Introdução e Objectivos

Os produtos hortofrutícolas, constituem uma fonte por excelência de compostos bioactivos como compostos fenólicos, carotenóides, glucosinolatos, vitaminas e tocoferóis. Estes compostos, apesar de serem considerados ingredientes não-nutricionais, destacam-se pela elevada capacidade antioxidante e pela importância na prevenção do stress oxidativo e de doenças crónicas (Barba et al., 2017; Barros et al., 2017; Wen et al., 2017).

O tomate devido às propriedades antioxidantes dos seus principais compostos bioactivos, como o licopeno, os compostos fenólicos e as vitaminas, apresenta-se como um excelente exemplo de um fruto que contribui para a promoção e manutenção da saúde humana (Kelebek et al., 2017; Liu et al., 2015; Shah et al., 2015). A associação das suas características com o crescente interesse dos consumidores pela melhoria na saúde e pela prevenção de doenças através da alimentação, tem contribuído para o aumento dos estudos realizados sobre este fruto e, também, para o crescimento do seu consumo a nível mundial em fresco, mas principalmente nas suas formas processadas (Costa & Heuvelink, 2005). A nível nacional também se verificou um aumento do consumo deste vegetal, o que possibilitou o crescimento e a expansão da indústria de transformação de tomate, que representa, actualmente, uma das principais e mais competitivas produções horto industriais do país (INE, 2016).

A Sugal-Group é a maior empresa de transformação de tomate em Portugal, tendo laborado em 2017, cerca de 1,8 milhões de toneladas de tomate fresco. O produto resultante desta transformação é o concentrado de tomate. Este pode ser vendido directamente aos clientes ou utilizado como base na produção de polpas, molhos e ketchup.

O ketchup é um dos principais produtos de 2ª transformação que a empresa Sugal-Group produz. A fórmula e o diagrama de produção deste produto estão estabelecidos e devidamente implementados na empresa. No entanto, dado os custos energéticos inerentes, surgiu a necessidade de estudar as principais operações unitárias envolvidas de forma a verificar se é possível diminuir o tempo de operação.

Neste contexto foi realizado um estágio de 6 meses na Sugal-Group que consistiu no estudo do funcionamento de uma linha de produção de ketchup, de forma a verificar o impacto de algumas variáveis do processo nas características do produto. De forma a cumprir o objectivo proposto, foram definidos os seguintes objectivos:

- Estudar a influência do tempo de agitação nas características do ketchup;

- Estudar o impacto da ordem de adição dos ingredientes maioritários nas características do produto.

É de realçar que este trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo – “Enquadramento teórico” apresenta uma revisão bibliográfica sobre os temas desta dissertação. O segundo apresenta a descrição do local de estágio, a gama de produtos da empresa e os diagramas de produção. No terceiro capítulo são descritos os materiais e métodos utilizados na realização do estudo. O quarto capítulo engloba os resultados obtidos e a discussão dos mesmos. Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões.

2. Enquadramento Teórico

2.1. Tomate

2.1.1. Origem

O tomate, fruto classificado botanicamente como *Lycopersicon esculentum Mill.*, é uma planta dicotiledónea, pertence à família *Solanaceae* e ao género *Lycopersicon* (Fernando Nuez, 1995; Raemaekers, 2001). É originário da zona costeira ocidental da América do Sul, mais concretamente do Equador, do Peru, do Norte do Chile e, provavelmente, também das Ilhas Galápagos. No entanto, a sua domesticação ocorreu no México, entre as regiões de Puebla e Vera Cruz (Jones, 2008; Rubatzky et al., 1999). No decorrer do século XVI a espécie foi introduzida no continente Europeu, contudo a aceitação da mesma variou consoante a região. No Sul da Europa, em Espanha e Itália, a cultura e consumo foram adoptados rapidamente. Nos restantes países, as primeiras plantas foram utilizadas exclusivamente para fins medicinais ou como decoração, por serem consideradas venenosas, e só mais tarde para fins alimentares. Posteriormente à sua introdução e aceitação na Europa, o seu cultivo registou um aumento a nível mundial, especialmente no início do século XX, como resultado do desenvolvimento da indústria de processamento de concentrado de tomate (Almeida, 2006; Costa & Heuvelink, 2005).

2.1.2. Importância económica

Na actualidade, o tomate é uma das culturas hortícolas com maior expressão a nível mundial, destacando-se tanto em termos de valor económico, por ser uma das culturas mais industrializadas, como em termos de volume de produção, uma vez que, a seguir à batata, é a segunda mais produzida (Strati & Oreopoulou, 2014; Torbica et al., 2016).

Com base nos dados disponibilizados pela FAO – *Food and Agriculture Organization of United Nations Statistics Division* – verifica-se que a China, a Índia, os Estados Unidos, a Turquia, o Egipto, o Irão e a Itália, são os principais produtores de tomate a nível mundial, entre os anos de 2010 e 2014. Analisando, mais concretamente, o ano de 2014, constata-se que a China é o maior produtor com um volume de cerca de 52 milhões de toneladas, que representam aproximadamente 31% da produção mundial. No conjunto os principais produtores contribuíram com, aproximadamente, 69% da produção mundial, no valor de cerca de 117 milhões de toneladas (Figura 1).

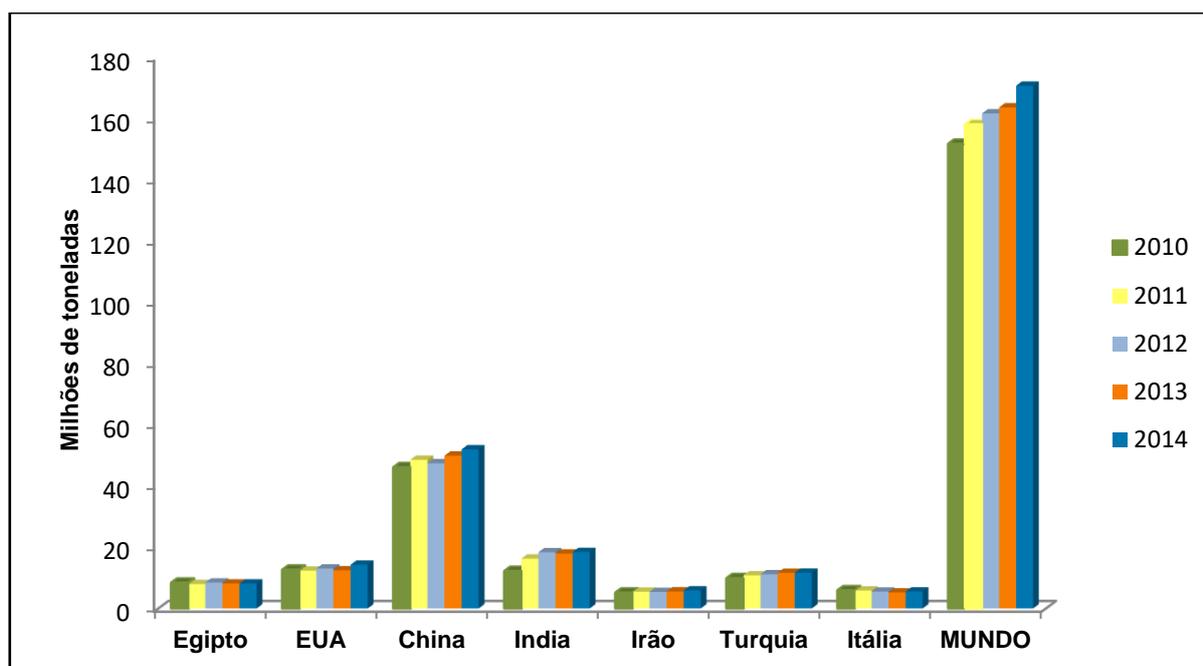


Figura 1. Principais produtores de tomate a nível mundial (Fonte: FAOSTAT, 2017)

Através da análise da figura 1 pode-se também verificar que a produção mundial de tomate, nos anos referidos, aumentou de 151 milhões para 170 milhões de toneladas, representando um aumento de cerca de 13%. Esta expansão é em grande parte justificada pelo aumento do consumo de tomate, tanto em fresco como processado (concentrado, ketchup, polpas, etc.). Este aumento está relacionado com diversos factores, como a falta de tempo para preparar refeições, levando os consumidores a optar por alimentos processados ou semi-preparados; o crescente aumento de cadeias de restaurantes *fast-food* e *self-service*, que usam esta matéria-prima em diversos pratos, e ainda, a crescente preocupação com a alimentação, que conduz a um aumento da procura de alimentos saudáveis, favorecendo o consumo de tomate em fresco (Domingos, 2009).

Como consequência do crescente aumento do consumo deste fruto, verifica-se uma maior quantidade de terra destinada ao seu cultivo, que cresceu de cerca de 4 milhões de hectares, em 2010, para cerca de 5 milhões de hectares, em 2014, como se pode verificar na tabela 1 (FAOSTAT, 2017).

Tabela 1. Área destinada ao cultivo de tomate (Fonte: FAOSTAT, 2017)

Anos	2010	2011	2012	2013	2014
Área destinada ao cultivo de tomate (ha)	4 495 583	4 681 973	4 925 579	4 941 703	5 023 810

Embora o volume de produção de tomate tenha crescido a nível mundial entre 2010 e 2014, o mesmo não se verifica a nível europeu, onde o volume de produção tem sofrido oscilações (Figura 2).

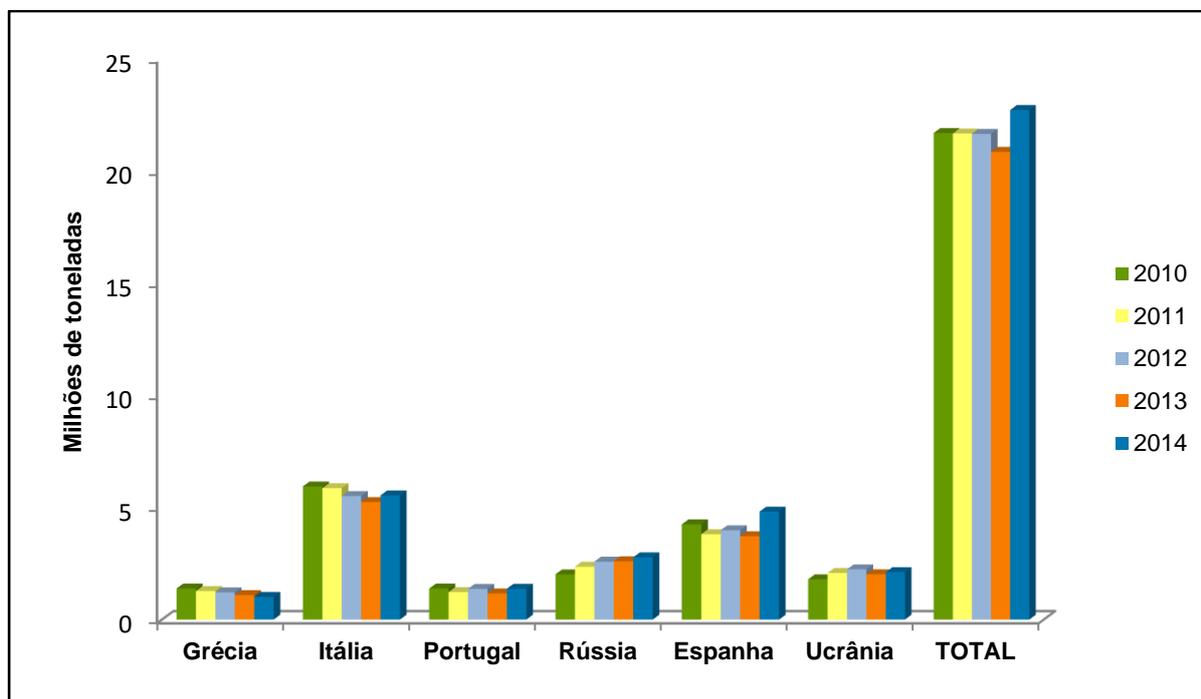


Figura 2. Principais produtores de tomate a nível europeu (Fonte: FAOSTAT, 2017)

Através da figura 2 verifica-se que a Itália, Espanha, Rússia, Ucrânia, Portugal e Grécia, são os principais produtores de tomate a nível europeu, nos referidos anos. Analisando, mais concretamente, o último ano (2014), constata-se que a Itália é o maior produtor com um volume de, aproximadamente, 6 milhões de toneladas, que representam, cerca, 25% da produção europeia. No conjunto, os principais produtores contribuíram com, um valor próximo de 79% da produção europeia, correspondendo a uma produção de cerca de 17 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2017).

A nível nacional, o tomate destinado à indústria e o tomate para consumo em fresco são duas das principais culturas hortícolas produzidas. Através da análise da tabela 2 verifica-se que tanto a área destinada ao cultivo de tomate fresco como o seu volume de produção sofreram oscilações entre os anos de 2013 e 2015 (INE, 2016).

Relativamente ao tomate para a indústria constata-se que, nos anos referidos, a área destinada à produção registou um aumento de, aproximadamente, 38% e o volume de produção um aumento de, aproximadamente, 68%, resultante de incentivos gerados pela indústria. Realça-se que em 2015, a produção nacional de tomate para indústria ultrapassou os 1,8 milhões de toneladas, sendo o maior volume dos últimos 30 anos (INE, 2016).

Tabela 2. Área destinada ao cultivo de tomate e volume de produção (Fonte: INE, 2016)

Anos	Superfície (ha)			Produção (t)		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Tomate fresco	1 628	1 249	1 447	97 339	89 169	96 635
Tomate para indústria	14 006	17 210	19 360	1 089 501	1 310 366	1 832 467

Em 2015, a região do continente com maior volume de produção de tomate para indústria foi o Alentejo, com uma produção de cerca de 1,5 milhões de toneladas, que correspondem a cerca de 83% da produção nacional. A área metropolitana de Lisboa é a segunda região que mais produz, representando cerca de 17% da produção nacional (INE, 2016). Toda a produção é assegurada por Organizações de Produtores que se situam, maioritariamente, no Ribatejo (80% da área), vale do Tejo (Azambuja e Santarém), vale do Sorraia (Coruche e Salvaterra de Magos) e nos regadios do Alentejo (19% da área) (DRAPLVT, 2016) .

2.1.3. Morfologia

O tomate é classificado a nível botânico como uma baya carnuda, suculenta, de cor geralmente vermelha, com forma e dimensão variável. Morfologicamente, este fruto encontra-se dividido em pericarpo, feixe fibrovascular, septo, lóculos, tecido placentário e sementes (Figura 3) (Nuez, 1995).

O pericarpo engloba o epicarpo (envolvido por uma cutícula rica em ceras e ácidos cuticulares), o mesocarpo (zona mais resistente do fruto, composta por células que contêm pigmentos vermelhos – licopeno e, ainda, a polpa), e ainda, o endocarpo (parede que delimita os lóculos) (Palet, 2012). Os lóculos, situados no interior do fruto, contêm as sementes imersas no tecido placentário. No decorrer do amadurecimento do fruto, este tecido forma um gel que preenche os lóculos. O número de lóculos em cada fruto varia entre 2 e 12, consoante a variedade, sendo que com base nestes números podemos designar os frutos como bi, tri, tetra ou pluriloculares (Almeida, 2006; Ferrari, 2008).

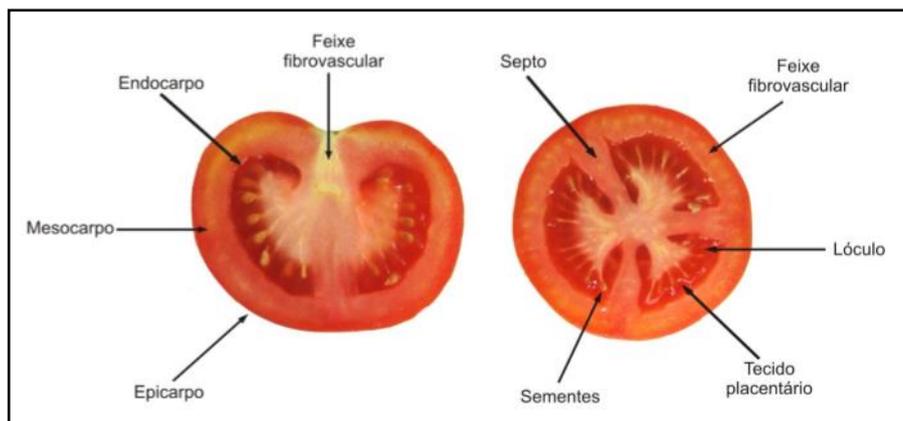


Figura 3. Representação esquemática da morfologia do tomate (Fonte: (Ferrari, 2008))

Na generalidade as variedades de tomate apresentam coloração vermelha, devido à presença do carotenoide vermelho – licopeno, contudo, dependendo do tipo de gene, este pode apresentar coloração amarela, laranja ou verde (Jones, 2008).

A dimensão do fruto é influenciada principalmente pela variedade, no entanto, existem outros factores que também podem ter influência: o grau de polinização (que condiciona o número de sementes existentes em cada lóculo), a radiação solar (menor dimensão do fruto, associada a uma diminuição de intensidade solar) e o espaço entre plantas (menor dimensão do fruto, associada a um aumento do número de plantas numa dada área) (Jones, 2008).

2.1.4. Composição

A composição do tomate varia em função da variedade, do estado de maturação do fruto, das técnicas de cultivo (como a fertilização e irrigação), do tempo e das condições de armazenamento, e ainda, das condições climáticas (Borguini & Torres, 2009; Sinha, 2011).

No entanto, o fruto maduro é constituído maioritariamente por água, que representa cerca de 94% dos seus constituintes totais. A restante percentagem (6%) corresponde a matéria seca, sendo esta constituída por açúcares solúveis (maioritariamente frutose e glucose), ácidos orgânicos, minerais, sólidos insolúveis em álcool (celulose, substâncias pécicas, proteínas e hemicelulose), e ainda, outros constituintes como lípidos, vitaminas e pigmentos (Liedl et al., 2013; Roca, 2009).

Os valores da composição nutricional do tomate maduro encontram-se sistematizados na tabela 3.

Tabela 3. Composição nutricional do tomate maduro (valores expressos por 100 g de parte edível) (INSA, 2016)

Composto	Por 100 g	Composto	Por 100 g
Macroconstituintes		Minerais	
Água (g)	93,5	Cinza (g)	0,54
Proteína (g)	0,8	Sódio (mg)	13
Lípidos (g)	0,3	Potássio (mg)	250
Fibra alimentar (g)	1,3	Cálcio (mg)	11
Hidratos de carbono (g)	3,5	Fósforo (mg)	17
		Magnésio (mg)	11
		Ferro (mg)	0,7
		Zinco (mg)	0,1
Vitaminas		Energia (kcal)	23
A (µg)	85	Energia (kJ)	95
Caroteno (µg)	510		
E (α-tocoferol) (mg)	1,2		
Tiamina (mg)	0,05		
Riboflavina (mg)	0,03		
Niacina (mg)	0,6		
B6 (mg)	0,14		
C (mg)	20		

Através da análise da tabela 3 verifica-se que o tomate possui um elevado valor nutricional, sendo uma importante fonte de minerais (rico em potássio e em fósforo) e de compostos antioxidantes, como vitaminas (vitamina A, C e E), compostos fenólicos e carotenóides (licopeno, β-caroteno) (George et al., 2004; Gómez-Romero et al., 2007; Liedl et al., 2013). É um fruto hipocalórico, isto é, possui um valor calórico baixo (apenas 23 kcal em cada 100 g), devido ao baixo conteúdo de gorduras e matéria seca (Seymour et al., 1993).

Um dos principais constituintes da parede celular do tomate é a fibra alimentar. Esta pode ser classificada, de acordo com as características de solubilidade, em duas categorias: Insolúvel em água (celulose, hemicelulose e lenhina) e Solúvel em água (substâncias pécnicas, gomas e mucilagens) (Dhingra et al., 2012; Spiller, 2001).

A celulose é o principal constituinte da parede celular dos vegetais (associada à lenhina, hemiceluloses e pectinas). É um polímero linear, não ramificado, de D-glucose com ligações glicosídicas β-1,4 (7000-15000 unidades de glucose por molécula) (Taiz e Zeiger, 2006). Apresenta uma estrutura tridimensional complexa, dado que toda a D-glucose é torcida a 180° em relação à próxima molécula e as cadeias de celulose associam-se de forma paralela através de pontes de H entre os grupos OH (McDougall et al., 1996). A associação entre as várias cadeias de celulose forma estruturas cristalinas insolúveis, mecanicamente fortes e resistentes aos ataques enzimáticos, que se designam por

microfibrilhas de celulose (Dhingra et al., 2012; Ha et al., 2000). Apesar de todas as formas de celulose serem aparentemente iguais existem aspectos das suas propriedades físicas, como por exemplo, o comprimento da cadeia ou a presença de regiões amorfas na estrutura cristalina, que a podem tornar mais susceptível a degradações ácidas e enzimáticas. A celulose não é digerida pelas enzimas do sistema gastrointestinal humano, por isso, a sua função biológica é unicamente de suporte (Dhingra et al., 2012).

A hemicelulose é um heteropolissacárido constituído por cadeias mais curtas do que a celulose (500-3000 unidades). Possui uma estrutura ramificada constituída por 2 a 4 tipos de oses diferentes, em que predominam as D-pentoses, no entanto pode conter outras L-oses (a D-xilose, L-arabinose, D-galactose, D-manose, L-ramnose, D-glucose). Dependendo da combinação de oses presentes assumem diferentes designações, tais como, xilanas, glucuronoxilanas, Arabinoxilanas, Glucomananas, Xiloglucanas, Galactananas e Arabinogalactananas (Pais e Barroso, 2005). A hemicelulose liga-se facilmente à celulose, lenhina e pectinas, através de ligações covalentes, conferindo estrutura e resistência à parede celular (Blas & Wiseman, 2010; Cosgrove, 2005).

A lenhina caracteriza-se por ser um polímero fenilpropanóico complexo formado pela polimerização dos álcoois coniferílico, sinapílico e p-cumarílico (McDougall et al., 1996; Spiller, 2001). É caracterizada por ser uma rede tridimensional ramificada, que varia em termos de peso molecular e em teor de metoxilo (Dhingra et al., 2012). Este polímero tem a capacidade de formar uma barreira física que impede as bactérias de se ligarem às paredes celulares, dificultando assim, a degradação bioquímica dos polissacáridos das fibras alimentares aos quais está ligada, protegendo a parede vegetal de agressões físicas (DeVries, 2003). Desta forma, a disponibilidade de celulose e hemicelulose é afectada dependendo da quantidade de lenhina (Pond et al., 2005).

As substâncias pécticas ou pectinas são constituintes da lamela intermédia das paredes celulares dos vegetais, ligados à celulose e hemicelulose por ligações covalentes. Estas são responsáveis pela rigidez dos tecidos, aumentando a estabilidade do complexo e diminuindo a sua vulnerabilidade ao ataque por enzimas pectinólíticas (Pereira, 2005). Caracterizam-se por serem polímeros lineares de ácido α -D-galacturónico unidos por ligações α -1,4, com ramificações constituídas por outras oses, ramnose, arabinose, galactose, xilose e glucose. As substâncias pécticas podem ser divididas em três fracções – protopectina, ácidos pécticos e ácidos pectínicos (Dhingra et al., 2012).

Por fim, as gomas e mucilagens caracterizam-se por serem fibras vegetais que não compõem a parede celular. São polissacáridos muito ramificados que formam géis, estabelecem ligações com a água e com outros materiais orgânicos (Dhingra et al., 2012).

2.2. Antioxidantes

Ao longo dos anos tem-se verificado um acréscimo do nível de radiação solar e de temperatura, factores que conduziram a que as plantas desenvolvessem mecanismos de defesa contra a radiação ultravioleta e a produção excessiva de radicais livres, que consistem na acumulação de substâncias antioxidantes (Gómez-Romero et al., 2007).

Assim, as substâncias antioxidantes ou antioxidantes definem-se como compostos ou sistemas que têm a capacidade de interagir com radicais livres, inibindo ou retardando a oxidação de um substrato e impedindo, desta forma, que ocorram danos oxidativos nas biomoléculas. A eficácia destes sistemas depende das suas propriedades químicas e da sua posição física dentro do alimento (Borguini & Torres, 2009; Oroian & Escriche, 2015).

Os antioxidantes possuem uma vasta gama de propriedades biológicas, de entre as quais se destacam, os efeitos anti-inflamatórios, anti-cancerígenos e anti-arteroscleróticos, a contribuição para a manutenção da saúde do intestino através da alteração do equilíbrio microbiano intestinal, e ainda, a redução da concentração de radicais livres que, conseqüentemente, diminui o aparecimento de doenças coronárias (Oroian & Escriche, 2015).

Dependendo do seu mecanismo de acção, estes compostos podem ser classificados em três tipos:

- Antioxidantes Primários: são capazes de estabilizar ou inactivar os radicais livres, visto terem a capacidade de doar hidrogénios ou electrões aos radicais livres antes de estes atacarem as células;
- Antioxidantes Sinérgicos: possuem actividade redox. Actuam como quelantes de oxigénio e de ROS impedindo a formação de peróxidos;
- Antioxidantes Secundários: previnem a oxidação pela decomposição dos peróxidos lipídicos em produtos finais estáveis.

Os carotenóides, as vitaminas e os polifenóis são as classes de compostos que possuem maior actividade antioxidante (Azabou et al., 2016; Oroian & Escriche, 2015). O tomate possui na sua constituição grande quantidade destes compostos, especialmente carotenóides, por esse motivo, assume um papel fundamental como precursor de substâncias antioxidantes.

2.2.1. Carotenóides

Os carotenóides são pigmentos naturais e lipossolúveis responsáveis pela coloração vermelha, cor-de-laranja e amarela de certos alimentos, como frutas e vegetais (Mutsokoti et al., 2017). Estão presentes em plantas, algas, bactérias (fotossintéticas e não-fotossintéticas), alguns fungos e leveduras, podendo também ser encontrados em animais, como aves, insectos, peixes e crustáceos (Eldahshan et al., 2013; Schieber & Carle, 2005). A síntese dos carotenóides só é realizada por plantas e microrganismos, por isso, a sua presença em animais é justificada pela ingestão destes alimentos, possível alteração no decorrer do metabolismo e posterior acumulação nos tecidos, como por exemplo, na gema de ovo ou nas penas de flamingos (Antunes & Palavra, 2007; Schieber & Carle, 2005).

Nas plantas, estes pigmentos situam-se nos plastídeos, isto é, nos cloroplastos e cromoplastos. Nos cloroplastos, estão associados com proteínas, servindo como pigmentos acessórios na fotossíntese, como pigmentos foto-protectores e ainda como estabilizadores de membranas; Nos cromoplastos, estão depositados, podendo ocorrer sob a forma de cristais (como na cenoura e tomate) ou dissolvidos em gotículas de óleo (como no piri-piri e manga) (Schieber & Carle, 2005).

Estrutura:

Os carotenóides resultam da união de oito unidades de isoprenóides (Figura 4), formando uma cadeia, geralmente linear (acíclica), com 40 átomos de carbono (tetraterpenos) (Belitz et al., 2009; Liu et al., 2015). A conjugação entre ligações simples e duplas ao longo da cadeia é responsável pela forma da molécula, reactividade química e pela absorção da luz cujos comprimentos de onda se situam na região do visível. Para que um carotenóide transmita cor são necessárias, pelo menos, sete ligações duplas conjugadas. As ligações duplas na cadeia destes pigmentos podem ter duas configurações: trans ou cis. No entanto, a maioria dos carotenóides surgem na natureza na forma trans (Dutta et al., 2005; Rao & Rao, 2007).

Até ao momento foram identificados mais de 600 carotenóides naturais, que podem ser considerados derivados da estrutura do licopeno ($C_{40}H_{56}$), por modificações como: alterações nos níveis de hidrogenação; desidrogenação; ocorrência de grupos finais cíclicos (anéis) numa ou em ambas as extremidades da cadeia originando diferentes grupos finais; adição de grupos funcionais contendo oxigénio; migração de ligações duplas, migração de grupos metilo, alongamento ou encurtamento de cadeias e isomerização (Delgado-Vargas et al., 2000; Dutta et al., 2005; Kiokias et al., 2016).

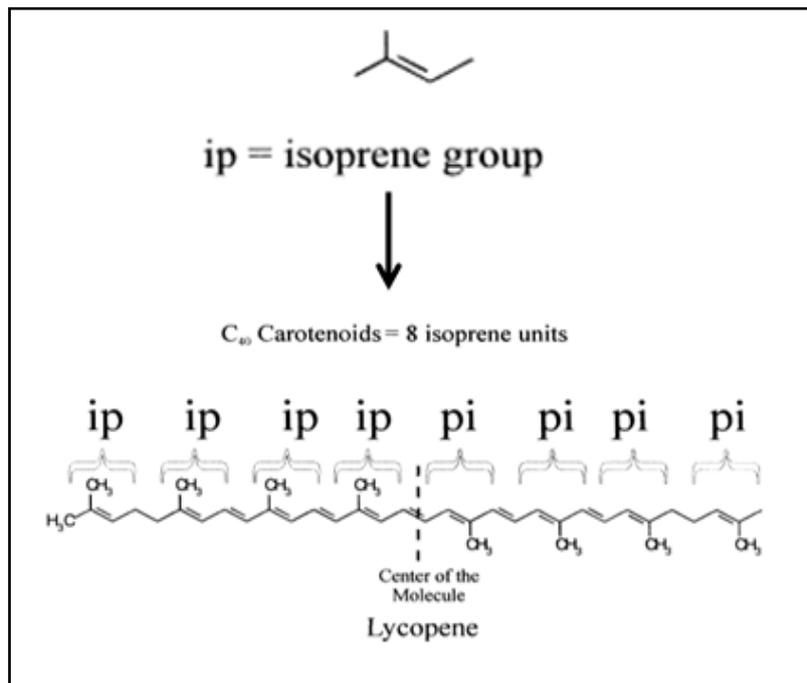


Figura 4. Estrutura molecular dos carotenóides (Fonte: (Delgado-Vargas et al., 2000))

Os carotenóides são divididos em duas grandes classes:

Carotenos ou carotenos de hidrocarbonetos constituídos, exclusivamente, por átomos de carbono e hidrogénio, dando origem a moléculas apolares. Este grupo inclui o licopeno e outros carotenos (α -caroteno e o β -caroteno), pigmentos que apresentam uma cor que varia entre cor-de-laranja e vermelho;

Xantofilas ou carotenos oxigenados, que são derivados oxigenados, por conterem, pelo menos, um átomo de oxigénio. Esta classe de carotenóides pode conter diversos grupos funcionais como substituintes de oxigénio, como por exemplo, o epóxido (violaxantina); grupos hidroxilo (zeaxantina); grupos metoxilo (spirilloxantina); ácido carboxílico (Torularhodin). Os pigmentos deste grupo são responsáveis pelas cores amarelas e castanhas (Mezzomo & Ferreira, 2016; Rivera & Canela-Garayoa, 2012; Shi et al., 2002).

Na figura 5 estão representadas as estruturas moleculares de alguns carotenóides mais comuns.

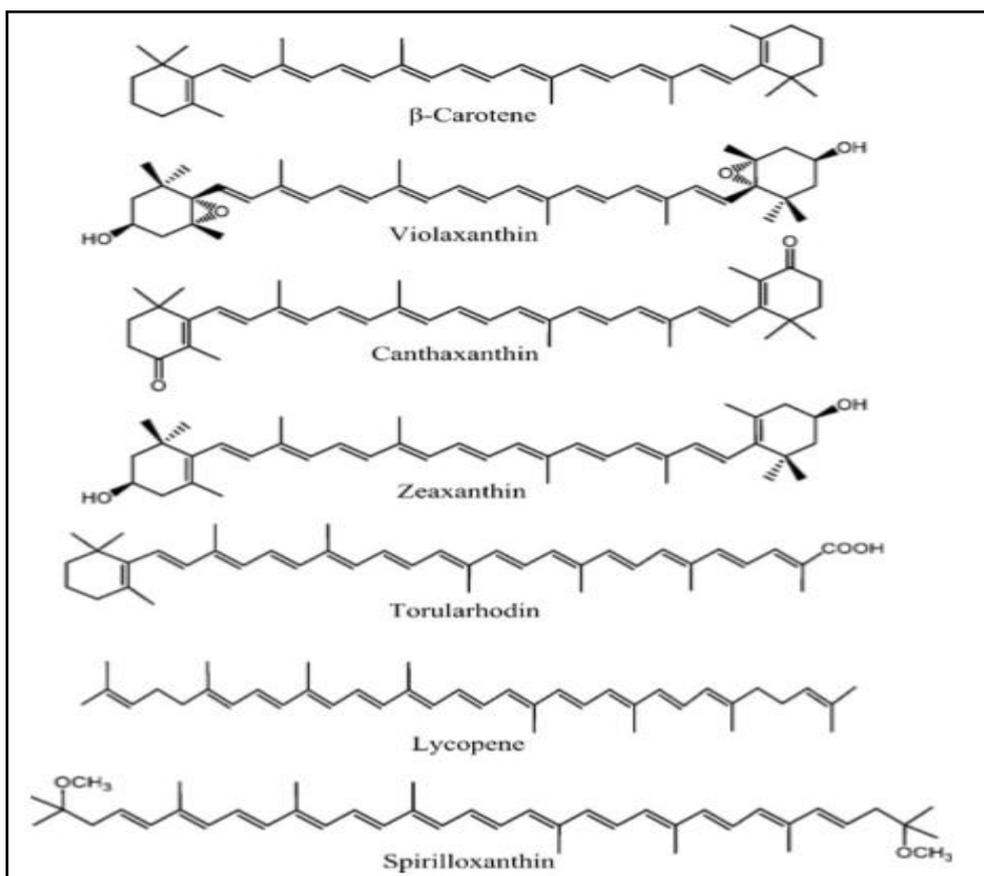


Figura 5. Estrutura molecular de alguns dos carotenóides mais comuns (Fonte: (Rivera & Canela-Garayoa, 2012))

O tomate, fruto rico em carotenóides, possui na sua constituição grande quantidade de licopeno (34 a 89%). No entanto, outros carotenóides em menor quantidade também estão presentes, como o β-caroteno (precursor da vitamina A) (6 a 44%) e a luteína (1 a 9%) (Shi et al., 2002).

A composição dos carotenóides presentes no tomate varia em função do tipo de clima e local de produção, variedade, colheita e pós-colheita, estado de maturação, processamento e armazenamento (Preedy & Watson, 2008; Sinha, 2011). Em relação ao processamento é de referir que processos como o branqueamento e congelamento causam degradação e perda do licopeno, embora pouco significativas. No entanto, a esterilização permite que o alimento se mantenha estável durante um determinado período de tempo, sendo por isso vantajosa (Shi & Le Maguer, 2010; Shi et al., 2002).

Estabilidade

Os carotenóides quando expostos a factores como, por exemplo, a luz, o oxigénio, os ácidos, as bases e o calor, apresentam reduzida estabilidade e alta sensibilidade. Assim, sempre que estiverem sob estas condições, estes pigmentos serão susceptíveis aos processos de degradação e de oxidação, podendo ser isomerizados. (Shi et al., 2002).

Funções biológicas:

O interesse pelos carotenóides tem aumentado ao longo dos anos e, como tal, muitos estudos têm sido realizados de forma a perceber quais os benefícios destes pigmentos nas plantas e nos seres humanos.

a) Nas Plantas

Os carotenóides são responsáveis pelas cores das sementes, flores, frutos e ainda de alguns fungos. Esta característica assume um papel importante ao nível da reprodução, visto que a coloração atrai animais para a polinização e para a dispersão de sementes ou esporos (Delgado-Vargas et al., 2000).

Para além disso estes pigmentos, juntamente com as clorofilas, assumem um papel fundamental na fotossíntese, visto que funcionam como pigmentos acessórios na captação da luz, através da ampliação da faixa do espectro de luz utilizado nesta, e também, como fotoprotectores contra danos oxidativos sobre as moléculas de clorofila e as membranas dos tilacóides (Eldahshan et al., 2013). A transferência de energia dos carotenóides para as clorofilas é facilitada pela estrutura física dos cloroplastos. Nas membranas dos tilacóides, estes pigmentos ligam-se a clorofilas e a proteínas formando complexos específicos denominados de fotosistema I (PSI) e fotosistema II (PSII), que assumem funções básicas na fotossíntese. No PSI o carotenóide mais abundante é o β -caroteno enquanto no PSII é a luteína que se encontra em maior abundância (Delgado-Vargas et al., 2000).

b) Nos seres humanos

Pro-Vitamina A

Até aos dias de hoje, a função biológica destes pigmentos com maior reconhecimento é a de pro-vitamina A, sendo esta circunscrita apenas a 50 dos 600 carotenóides naturais identificados. Todos os carotenóides precursores de vitamina A contêm, pelo menos, um anel β nas suas extremidades, tais como o β -caroteno, a zeaxantina e a β -criptoxantina, ligado a uma cadeia de isoprenóides. Ao contrário dos carotenóides mencionados, o licopeno não possui actividade de pro-vitamina A por não

apresentar na sua estrutura, pelo menos um anel β (Fraser & Bramley, 2004; Granado-Lorencio et al., 2017; Mercadante et al., 2017).

Os seres humanos obtêm a vitamina A através da alimentação, podendo esta ser proveniente de:

- Fontes animais sob a forma de esteres de retinil, retinol e retinal;
- Fontes vegetais, sob a forma de carotenóides, que atingem a actividade de vitamina A quando convertidos, na mucosa intestinal, em retinol (Omenn, 1998).

No caso particular do β -caroteno, precursor mais importante desta vitamina, a conversão resulta da clivagem desta molécula por acção da enzima β caroteno-15,15'-dioxigenase, originando duas moléculas de retinal e a sua subsequente redução a retinol (vitamina A) (Antunes & Palavra, 2007).

Assim, esta vitamina assume um papel fundamental na proliferação, desenvolvimento e manutenção dos tecidos epiteliais, na reprodução, na resistência a infecções e, ainda, no sistema imunológico, principalmente no ciclo visual, visto que actua na regeneração dos fotorreceptores. A deficiência prolongada desta vitamina pode causar alterações na pele, úlceras da córnea, distúrbios no crescimento, dificuldades de aprendizagem durante a infância, e ainda, provocar cegueira nocturna ou mesmo cegueira total. No entanto, excesso de vitamina A pode causar malformações congénitas durante a gravidez, doenças ósseas em doentes com insuficiência renal e cegueira (Mezzomo & Ferreira, 2016).

Antioxidante

Para além de precursores de vitamina A, os carotenóides são também conhecidos pela sua actividade antioxidante, estando estabelecido que a sua estrutura tem uma forte influência nesta actividade (Delgado-Vargas et al., 2000). Como tal, estes pigmentos têm a capacidade de eliminar o oxigénio molecular singleto e, desta forma, proteger as células e os organismos contra a foto-oxidação, evitando a presença de radicais livres e de espécies excitadas que podem causar danos irreversíveis ao nível do DNA e dos lípidos (Eldahshan et al., 2013; Irwandi Jaswir, 2011).

O potencial antioxidante destes pigmentos torna-os benéficos para a saúde humana, uma vez que assumem acção protectora contra o cancro e contra outras doenças que se acredita serem despontadas por radicais livres, como a aterosclerose, as cataratas, a degeneração macular, a esclerose múltipla e certas doenças cardiovasculares (Mezzomo & Ferreira, 2016; Strati & Oreopoulou, 2014).

Fontes alimentares:

Como foi referido anteriormente, a síntese dos carotenóides só é realizada por plantas e microrganismos, por isso, a sua presença em animais (onde se incluem os seres humanos) é justificada pela alimentação.

Até hoje, cerca de 60 carotenóides diferentes foram identificados em plantas cultivadas consumidas pelo homem – localizados nas raízes, folhas, galhos, sementes, frutos e flores – sendo estes alimentos a principal fonte de carotenóides para o ser humano. Por outro lado, estes pigmentos também podem ser obtidos através da ingestão de animais (e seus derivados) que se alimentam de plantas e algas, como aves de capoeira, peixes e ovos. Na tabela 4 encontram-se sistematizados as quantidades de carotenóides presentes em algumas plantas cultivadas (Fraser & Bramley, 2004).

Tabela 4. Conteúdo de carotenóides em alguns alimentos (Fonte: (Fraser & Bramley, 2004).

Espécie	Carotenóides ($\mu\text{g/g}$ peso fresco)					
	Total	Zeaxantina	Luteína	α -Caroteno	β -Caroteno	Licopeno
Brócolos	2533	-	1614	-	919	-
Salsa	10 335	-	5812	-	4523	-
Ervilha	2091	-	1633	-	458	-
Espinafre	9890	-	5869	-	4021	-
Cenoura	11 427	-	170	2660	8597	-
Pimenta	2784	1608	503	167	416	-
Milho doce	1978	437	522	60	59	-
Tomate	3454	-	78	-	439	2937

Utilizações

Na indústria alimentar, os carotenóides são muito utilizados como corantes em produtos que perderam parte da sua cor natural, por terem sido submetidos a processamento/armazenamento intenso. No entanto, podem também ser utilizados para padronizar a cor de certos produtos alimentares, como sumos de frutas, bebidas e doces (Mezzomo & Ferreira, 2016).

Mais recentemente, e como resposta ao crescente interesse em manter a saúde através dos produtos naturais, os carotenóides são adicionados aos alimentos, ou seja, utilizados como aditivos alimentares, visto que possibilitam um aumento do tempo de vida útil destes produtos e contribuem para o aumento dos benefícios alimentares, como a qualidade nutricional (Mezzomo & Ferreira, 2016).

Nas indústrias farmacêuticas e de cosmética, estes pigmentos podem ser utilizados na elaboração de cápsulas medicinais, suplementos e cosméticos.

2.2.1.1. Licopeno

O licopeno, pertencente à família dos carotenóides, é um antioxidante lipofílico de elevada massa molecular (536,85 Da), sintetizado, exclusivamente, por plantas e microrganismos (Chauhan et al., 2011). A sua estrutura química (Figura 6) é simétrica, acíclica ($C_{40}H_{56}$) e altamente poli-insaturada, sendo composta por treze ligações covalentes duplas carbono – carbono, das quais onze são conjugadas e dispostas numa matriz linear. Este sistema de ligações duplas é determinante para a actividade biológica do licopeno, estando incluída nesta a susceptibilidade deste pigmento à degradação oxidativa (Kong et al., 2010; Shi et al., 2002).

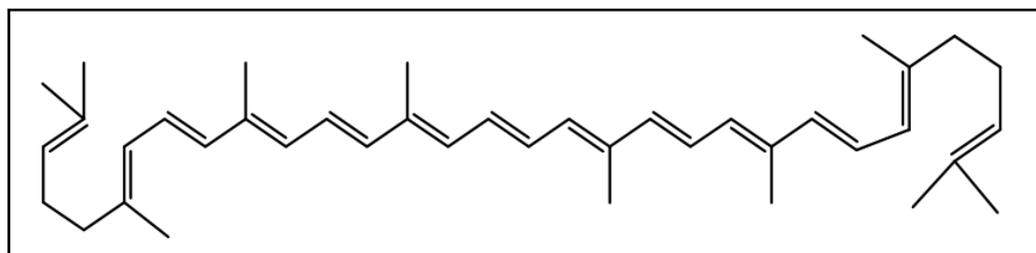


Figura 6. Estrutura química do Licopeno (Fonte: (Chauhan et al., 2011))

Em geral, o licopeno presente nas plantas encontra-se na forma Trans, sendo esta a configuração mais estável em termos termodinâmicos. Contudo, quando este pigmento é sujeito a temperaturas elevadas, luz, catalisadores ou superfícies activas, sete das ligações duplas presentes na sua estrutura podem sofrer isomerização, passando a predominar as formas cis (mono ou poli – Cis), configurações menos estáveis. Os produtos transformados, como por exemplo o concentrado de tomate, são um bom exemplo de predomínio da forma Cis, pois durante o processo de transformação há aplicação de altas temperaturas (Basuny et al., 2009; Shi et al., 2002).

As propriedades químicas e físicas dos isómeros Cis deste pigmento diferem das propriedades dos isómeros Trans, principalmente a nível da solubilidade em óleos e solventes hidrocarbonados: os isómeros Cis apresentam maior solubilidade. Outra diferença notória é a biodisponibilidade, já que os isómeros Cis apresentam maior disponibilidade para serem utilizados pelo organismo humano em mecanismos fisiológicos e processos metabólicos. Esta característica – maior facilidade de absorção – está associada à solubilidade dos mesmos e, ainda, ao facto de estes isómeros terem menor tendência de agregação, o que reduz as formas cristalinas, facilitando o seu transporte para as células ou

para a matriz do tecido. Para além disso, é importante destacar que a cor destes isómeros também se apresenta como uma propriedade diferenciadora, uma vez que os isómeros Cis apresentam cor menos intensa (Figura 7) (Shi et al., 2002).

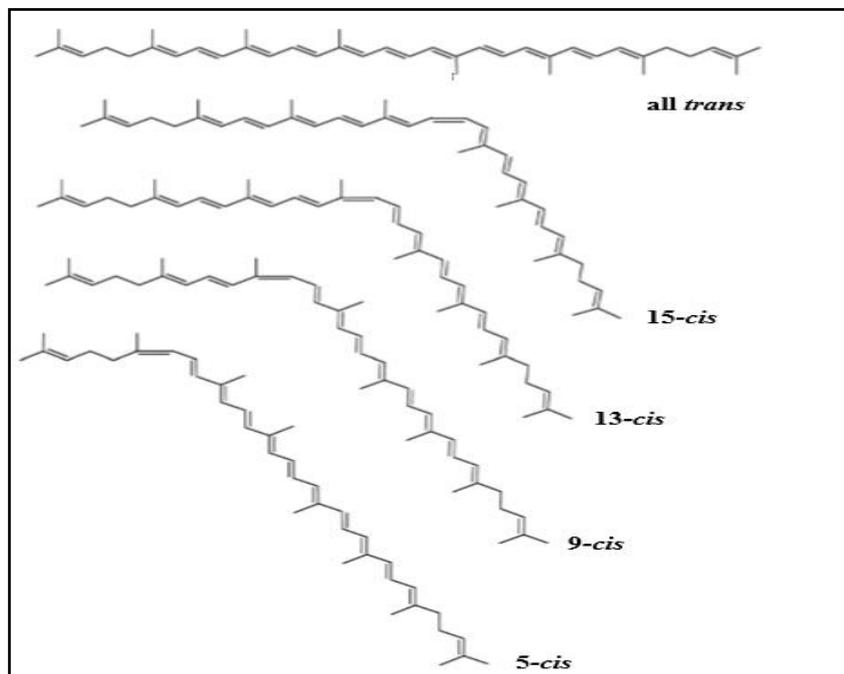


Figura 7. Estruturas dos isómeros Trans e Cis do Licopeno
(Fonte: (Kong et al., 2010)

Em termos de solubilidade, o licopeno é solúvel em clorofórmico, hexano, benzeno, acetona e óleo, contudo é insolúvel em água, etanol e metanol (Chauhan et al., 2011).

Fontes alimentares:

Como referido anteriormente, o organismo humano não é capaz de sintetizar carotenóides não sendo, por isso, capaz de promover a síntese de licopeno. Como tal, este pigmento só é obtido através da via alimentar.

Através da tabela 4 é possível observar que em contraste com a maioria dos carotenóides, as fontes de licopeno são limitadas. Assim, na dieta humana, a sua principal fonte, representando cerca de 85%, é o tomate e os seus produtos derivados, sendo a restante percentagem obtida através da ingestão de frutas como a melancia, a goiaba, a toranja e o mamão. De entre os produtos derivados de tomate destacam-se o sumo, o molho pizza, o ketchup e a sopa de tomate como maiores fontes de licopeno (Fraser & Bramley, 2004).

A concentração do licopeno, bem como dos restantes carotenóides, nos alimentos, depende de diversos factores como, por exemplo, a variedade, o estado de maturação do

fruto, factores ambientais (luz e temperatura), condições de cultivo (água, teor de nutrientes, tipo de solo) (Tabela 5) (Amiri-Rigi & Abbasi, 2016).

Tabela 5. Conteúdo de licopeno em alguns alimentos e em processados do tomate (Fonte: (Fraser & Bramley, 2004))

Alimento	Licopeno (µg/g peso fresco)
Tomate fresco	8.8 – 42
Molho de tomate	62
Pasta de tomate	54 – 1500
Molho de pizza	127.1
Sumo de tomate	50 – 116
Ketchup	99 – 134.4
Melancia	23 – 72
Mamão	20 – 53
Toranja	33,6
Goiaba	54

A percentagem de licopeno presente nos alimentos é um factor determinante na intensidade da coloração vermelha destes. No caso particular do tomate, essa coloração é muitas vezes utilizada como indicador de qualidade (Shi et al., 2002; Stajčić et al., 2015). É importante referir que as cascas e sementes de tomate apresentam maior concentração deste pigmento, podendo estas conter até cinco vezes mais licopeno do que toda a polpa (Amiri-Rigi & Abbasi, 2016).

Funções Biológicas

Mesmo não sendo considerado um nutriente essencial, os estudos realizados evidenciam os diversos benefícios deste pigmento na saúde humana (Madhava Reddy A et al., 2011).

O sistema de ligações duplas conjugadas que constituem a estrutura química deste composto são a chave para a sua elevada capacidade antioxidante (de entre os carotenoides presentes no plasma, o licopeno é o antioxidante mais potente) – característica que permite que reaja com o oxigénio molecular (O_2), sequestrando-o e que sejam eliminados os radicais livres peroxil (ROO), protegendo, desta forma, os lípidos, as proteínas e o DNA contra danos oxidativos. Esta protecção é fundamental, dado que é através dela que se previne e reduz a ocorrência de doenças crónicas, como cancro (prostata, pulmão e estômago), doenças degenerativas (como a osteoporose e os diabetes) e doenças cardiovasculares (Madhava Reddy A et al., 2011; Stajčić et al., 2015).

2.3. Características importantes do tomate para processamento

Para que o tomate possa ser utilizado a nível industrial é necessário que contenha diversas características fundamentais ao processamento, como por exemplo:

- Tamanho uniforme;
- Forma redonda;
- Resistência a pragas e doenças;
- Resistência a aberturas;
- Coração pequeno ou inexistente;
- Possibilidade de cultura extensiva;
- Maturação quase simultânea de todos os frutos;
- Elevada quantidade de sólidos totais;
- Elevada quantidade de ácido ascórbico;
- Elevada quantidade de açúcares;
- Acidez relativamente elevada;
- Cor vermelha intensa (típica da espécie) tanto a nível da pele como na polpa;
- pH baixo ($\leq 4,5$);
- “Flavour” característico;
- Ausência de pedúnculo quando removido da planta;
- Produção de uma polpa minimamente consistente;
- Boa capacidade de adaptação a colheita mecânica e transporte a monte (Palet, 2012).

3. Caracterização do local de estágio

3.1. A Sugal-Group

A Sugal-Group é uma empresa privada de capitais exclusivamente nacionais, fundada há 60 anos, em 1957, na região do Ribatejo – Azambuja – localização geográfica estratégica, uma vez que grande parte da produção de tomate está situada nesta região (Sugal, 2017). Conta actualmente com 5 fábricas localizadas em 3 países: Chile, Espanha e Portugal (onde possui 2 fábricas, sediadas na Azambuja e em Benavente). É a única empresa no mundo a ter duas campanhas de transformação de tomate para concentrado, no mesmo ano (Silva, 2017; “sugal- group” 2016).

A Sugal-Group é a maior empresa de transformação de tomate em Portugal, e uma das principais transformadoras do mundo, inserindo-se no top 10 mundial da indústria de concentrado de tomate (tendo a seu cargo 3% do mercado mundial). No conjunto, estima-se que as 5 fábricas processem, em 2017, cerca de 1,8 milhões de toneladas de tomate fresco (700 mil toneladas provenientes de Portugal, 300 mil toneladas de Espanha e 750 mil toneladas do Chile), destinando-se 95% desta produção à exportação para mais de 60 países, localizados, sobretudo, na Europa, América do Sul e Ásia (Ibérica, 2017; Silva, 2017).

A empresa possui vários hectares de estufas, 30% das quais propriedade sua, e seis mil hectares de campo, 25% dos quais de propriedade própria. Só desta forma consegue obter toda a matéria-prima que necessita para satisfazer as necessidades de cada fábrica (Ibérica, 2017).

Tem como focos o investimento em novas tecnologias, a sustentabilidade e a aposta contínua no desenvolvimento dos processos de controlo de qualidade, desde a semente até ao consumidor, garantindo elevada qualidade e segurança dos seus produtos, conferindo-lhe uma excelente reputação nas áreas da produção agrícola e da transformação industrial de tomate (Sugal, 2017).

3.2. Produtos

Um dos objectivos principais desta empresa é apresentar aos clientes um portefólio de produtos tão diversificado quanto possível. Para tal, a empresa labora com linhas de produção que permitem obter produtos mais competitivos em embalagens que cumpram as necessidades “industrial”, “retalho” e “food service”.

3.2.1. Produtos destinados à indústria (“Industrial”)

Esta categoria compreende os produtos resultantes da primeira transformação, também chamados de “produtos base” (Tabela 6).

Na Sugal o grosso da produção destina-se à comercialização, ou seja, a empresa vende este tipo de produtos a outras empresas que não os fabriquem, mas que necessitem deles para a preparação dos seus próprios produtos. No entanto, uma pequena percentagem é utilizada pela própria empresa para o fabrico dos produtos de segunda transformação.

Tabela 6. Produtos da Sugal-Group destinados à indústria

Produtos	Gama	Embalagem
Concentrado de Tomate	Hot-Break: 28/30 °Brix; 30/32 °Brix	Bidons 240 kg
	Semi Hot Break ou Warm-Break: 28/30° Brix	BIN 1.200 kg
Cold-Break: 28/30 °Brix; 30/32 °Brix; 36/38 °Brix		
Molho de Pizza	12/14 °Brix 14/16 ° Brix 16/18 ° Brix	Bidons 225 kg
Cubos	Corte 10x10 Corte 14x14	Bidons 215 kg

3.2.2. Produtos destinados ao consumidor (“Retalho”)

Esta categoria compreende os produtos de segunda transformação que se destinam à comercialização nas grandes e pequenas superfícies.

Todos os produtos para retalho da Sugal são produzidos na fábrica de Benavente, sendo importante referir que todo o tomate utilizado nestes produtos é de origem controlada e que os restantes ingredientes incluídos no processo produtivo são certificados.

Assim, esta unidade industrial produz Ketchup, Polpa de Tomate/Coulis, Concentrado de Tomate, Molho de Pizza, Molho de Chilli e Molho francesinha.

Estes produtos são embalados em embalagens Tetra pack (200 mL e 500 mL), em embalagens de vidro (300 mL a 1000 mL), em embalagens Tetra recart (390 g) e em embalagens de plástico (250 mL a 1000 mL).

A Sugal-Group apostou, recentemente, na utilização da embalagem Tetra recart. Esta apresenta forma rectangular, característica que permite que não exista espaço perdido entre embalagens quando colocadas nas prateleiras (maior quantidade de produtos expostos, manipulação de produto reduzida, uso mais eficiente do espaço) e nas paletes (uso mais eficiente do espaço, menos recursos para transporte, menos emissões de carbono), sendo desta forma mais eficientes do que as latas e as garrafas de vidro. Além disso, a fácil abertura perfurada a laser e o fechamento simples tornam a embalagem muito fácil de manusear, sem ser necessário o uso de utensílios.

É importante salientar que o impacto ambiental destas embalagens é menor, em comparação às latas de alumínio e garrafas de vidro, visto serem constituídas maioritariamente por material renovável, isto é fibras de madeira (matéria – prima natural e renovável) de florestas certificadas pelo FSC™.

3.2.3. Produtos destinados à restauração/catering (“Food Service”)

Esta categoria compreende os produtos de segunda transformação que se destinam à restauração e *catering*. Todos os produtos para *Food Service* da Sugal são produzidos nas duas fábricas existentes em Portugal, sendo importante referir que todo o tomate utilizado nestes produtos é de origem controlada e que os restantes ingredientes incluídos no processo produtivo são certificados.

Assim esta unidade industrial produz Molho de pizza simples e com especiarias, Passata/Polpas, Concentrado de Tomate e Ketchup.

Estes produtos são embalados em latas (3 kg – 5 kg), *Pouches* (de 2 kg até 5 kg) e em *Bag-In-Box* (21 kg).

3.3. Diagrama de produção do concentrado de tomate

Para que se obtenha concentrado de tomate – produto base que será utilizado na formulação da maioria dos produtos de segunda transformação – o tomate tem que ser sujeito a diferentes operações unitárias (Figura 8).



Figura 8. Diagrama de produção de concentrado de tomate

Recepção e classificação:

Todo o fruto recepcionado na fábrica é submetido a uma prévia classificação, com base numa amostra aleatória. Este sistema de classificação permitirá avaliar o tomate de acordo com os seguintes critérios:

- Aptidão para transformação industrial, estar maduro, ser vermelho e sadio;
- Teor de sólidos solúveis (° Brix);
- Qualidade

Sempre que a qualidade de cada lote estiver abaixo dos parâmetros estabelecidos, este é recusado.

Preparação do sumo:

Depois de garantir que o lote está apto para ser recepcionado, o tomate inicia o seu processo industrial, sendo descarregado do camião e encaminhado para um tanque pulmão. Todo o processo de descarga é realizado em água garantindo-se, assim, a remoção de grande parte da sujidade existente (paus, folhas e terra) e a minimização de danos físicos.

À saída deste tanque existem diversos tapetes rolantes com aspersores, sendo nesta etapa removidas sujidades que ainda possam estar presentes. O fruto é, de seguida, encaminhado para as linhas de escolha – onde estão presentes operadores que garantem a remoção de sujidades que não foram retiradas nas etapas anteriores, bem como a remoção dos frutos que não estiverem aptos para a transformação industrial (tomate estragado/verde). A partir deste momento, o processo de lavagem termina e inicia-se a fase de preparação do sumo.

O tomate é encaminhado para um moinho de facas, onde é triturado e, posteriormente, submetido a tratamento térmico para que se efectue a inactivação enzimática. As temperaturas utilizadas nesta operação unitária serão maiores ou menores dependendo da consistência e tipo de produto que se pretende obter:

- Cold Break – este produto consegue-se recorrendo a temperaturas de aquecimento mais baixas resultando, assim, um produto final menos consistente;
- Hot Break – este produto consegue-se recorrendo a temperaturas de aquecimento mais elevadas resultando, assim, um produto final mais consistente;
- Semi Hot Break ou Warm Break – produto conseguido através de temperaturas intermédias, resultando num produto de média consistência.

Depois do pré-aquecimento o tomate segue para as refinadoras/passadoras (“butterflies”) – constituídas por dois crivos com lâminas rotativas – onde se realiza a etapa de refinação que consiste na extracção do sumo com remoção das peles e sementes. A malha dos crivos varia consoante as características do produto final que se pretende obter (CB: 0,8 e 1,2 mm; HB: 1,5 mm; Molho de pizza: 3,5 e 4 mm). As peles e sementes removidas, ou seja, o repiso de tomate é primeiramente encaminhado para outra “butterfly” para extrair mais algum sumo que ainda contenha, e de seguida colocado num camião para ser utilizado em rações de animais, farinhas, etc.

Evaporação:

O sumo obtido segue para a fase de evaporação, em que se evapora parte da água existente no sumo de tomate, recorrendo a vácuo e temperatura. Para tal são utilizados dois equipamentos - um pré-concentrador e um evaporador – permitindo, assim, a optimização energética deste processo.

O uso simultâneo destes equipamentos torna o processo de evaporação menos demorado (produto menos tempo exposto a altas temperaturas), obtendo-se concentrado de tomate com características organolépticas do tomate fresco, preservando assim, a sua cor e sabor naturais. O grau de evaporação será tanto maior quanto o grau de concentração final que se pretende obter.

Esta etapa tem como principal objectivo reduzir o volume baixando, desta forma, o custo de transporte, embalagem e armazenamento.

Esterilização e enchimento

O concentrado obtido é encaminhado para uma bomba de pistons, onde o produto é homogeneizado sendo, de seguida, esterilizado (temperatura acima dos 110°C durante poucos segundos) e submetido a enchimento numa câmara asséptica. Os sacos utilizados no acondicionamento do produto são também assépticos e aprovados para uso alimentar.

Armazenamento e distribuição

Todo o concentrado produzido durante os meses de campanha é armazenado em bidons e BINS e pode ser utilizado durante os dois anos seguintes.

Como referido anteriormente, o concentrado de tomate produzido é o produto base da maioria dos produtos de segunda transformação, na qual se insere o produto em estudo – **Ketchup**.

3.4. Diagrama de produção de ketchup

Ketchup é um termo utilizado para descrever uma ampla gama de produtos, que consistem em várias polpas, frutas temperadas e coadas. No entanto, a variedade feita à base de tomate é a mais usual (Poonnakasem, 2011).

Assim, o ketchup de tomate é um produto heterogéneo e temperado produzido a partir do concentrado, puré ou polpa de tomate. Do ponto de vista físico, este produto é um sistema de duas fases em que partículas sólidas de tomate e especiarias adicionadas são dispersas numa fase contínua coloidal constituída por açúcares, sais, ácidos orgânicos, uma fracção de pectinas solúveis e outros compostos de extracto dissolvidos em água (Juszczak et al., 2013; Poonnakasem, 2011).

Este molho é adicionado em vários alimentos com a finalidade de melhorar o paladar destes. Além disso é um produto de baixas calorías e uma importante fonte de carotenóides, dos quais o mais abundante é o licopeno (Juszczak et al., 2013; Mert, 2012).

O diagrama de produção de ketchup de tomate é ilustrado na figura 9.

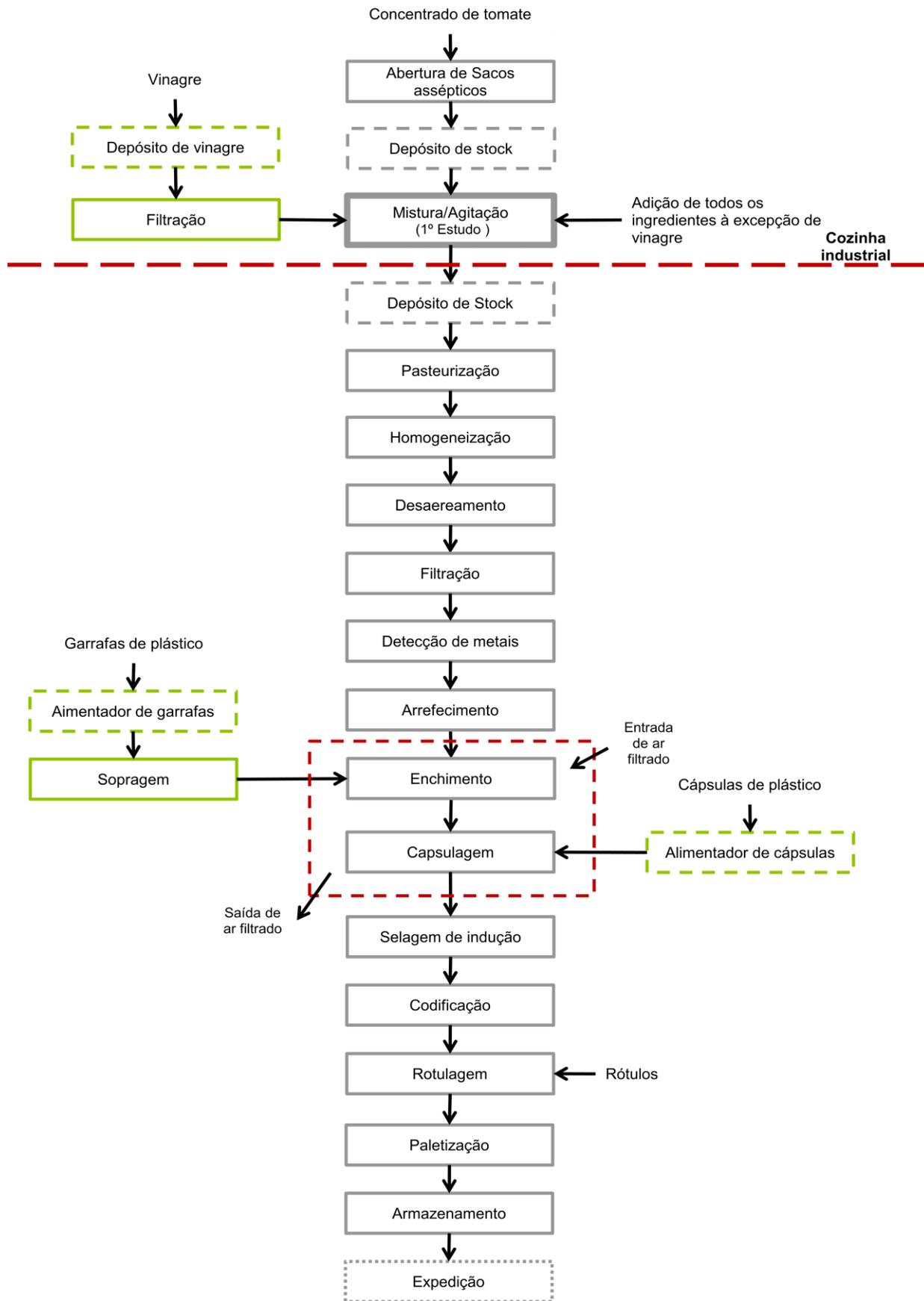


Figura 9. Diagrama de produção de Ketchup

O concentrado de tomate anteriormente embalado em sacos assépticos e armazenado em bidons é utilizado no processo de fabrico de ketchup.

Assim, o concentrado é despejado, automaticamente, para um recipiente – tremonha. A partir deste, o concentrado é bombeado para o depósito de stock com passagem por um filtro – onde ficam retidos alguns resíduos sólidos indesejados. Permanece neste depósito até ser utilizado no processo industrial.

O concentrado armazenado no depósito de stock passa por um filtro magnético, de forma a evitar a passagem de qualquer partícula metálica, sendo, de seguida, encaminhado para o tanque de agitação, onde ocorre a adição e mistura dos diversos ingredientes. É importante referir que o produto obtido – ketchup – permanece no tanque de agitação até que seja enviado para a linha de enchimento.

Quando se inicia o envio, o ketchup passa por um outro filtro e segue para um depósito de stock, onde permanece até à pasteurização. Este processo, realizado a temperaturas superiores a 100 °C, assume um papel fundamental na estabilização microbiológica do produto, uma vez que elimina os microrganismos capazes de o deteriorar, como por exemplo leveduras e lactobacilos. Terminada a pasteurização, o ketchup é sujeito a homogeneização, processo que permite retardar ou minimizar uma eventual sedimentação das partículas em suspensão. Nesta etapa a viscosidade aumenta e o produto adquire uma textura mais suave.

Seguidamente, o ketchup passa por um desaerador (cujo objectivo é retirar o ar existente e, desta forma, evitar o aparecimento de bolhas de ar no produto final), por dois filtros e pelo detector de metais. Chega, finalmente, à etapa de arrefecimento, na qual o produto passa por um permutador térmico, de forma a que a sua temperatura diminua até valores próximos de 40 °C.

Assim que o produto adquire a temperatura pretendida, dá-se inicio ao processo de enchimento e, logo de seguida, ocorre a colocação de cápsulas. As garrafas já encapsuladas seguem na linha passando por uma seladora de indução (onde é selada a película da cápsula à garrafa). O próximo passo é a codificação – colocação do prazo de validade, código de produção e hora. No final de todo o processo são colocados os rótulos na rotuladora.

Com as embalagens prontas, segue-se a embalagem secundária e terciária, em que as garrafas são colocadas em bandejas de cartão e cobertas com filme retráctil. Todas as caixas são acondicionadas em paletes e armazenadas no armazém de produto acabado.

3.5. Características do produto acabado

A título de exemplo apresenta-se uma ficha técnica com as características de produto acabado de um ketchup produzido pela Sugal-Group (Manual de especificações interno da Sugal-Group).

- **Produto:** Ketchup
- **Cliente:** Inglaterra
- **Peso líquido:** 500 g
- **Ingredientes:** Concentrado de tomate, açúcar, vinagre, amido de milho modificado, sal e especiarias
- **Alergénios:** Contém aipo
- **OGM:** Não contém quaisquer componentes derivados de Organismos Geneticamente Modificados
- **Irradiados:** Não contém quaisquer componentes que tenham sido submetidos a qualquer tratamento de irradiação/ionização

Análise nutricional:

Tabela 7. Informação nutricional do ketchup

Valores Nutricionais médios	Por 100g
Valor Energético	486 kJ 115 kcal
Lípidos dos quais saturados	<0,5 g 0 g
Hidratos de carbono dos quais açúcares	27 g 21 g
Fibra	1,7 g
Proteínas	1,0 g
Sal	1,6 g

- **Embalagem primária:** Garrafa plástica PET cristal com cápsula plástica branca.
- **Embalagem secundária:** Bandejas de cartão
- **Prazo de Validade:** 12 meses

4. Desenvolvimento experimental

Tal como referido anteriormente, o objectivo principal deste trabalho foi estudar o impacto do tempo de agitação e da ordem de adição dos ingredientes nas características do ketchup.

4.1. Estudo da influência do tempo de permanência da mistura nos tanques de agitação nas características do ketchup

Este estudo, realizado durante todo o período de estágio, desenvolveu-se na chamada “cozinha industrial” da unidade. Centra-se na etapa de mistura/agitação (destacada no diagrama de produção de ketchup) e consiste em recolher, ao longo do tempo de agitação, amostras de ketchup para analisar.

A unidade industrial labora diferentes formulações de ketchup, no entanto, o estudo incidiu sobre 13, que se considera serem representativas e importantes. Na tabela 8 apresenta-se a composição das formulações estudadas. É de realçar que todos os ketchups analisados contêm o mesmo tipo de concentrado de tomate, HB 28/30, ou seja, um concentrado obtido pela tecnologia Hot-Break e com 28 a 30 °Brix. O açúcar utilizado variou dependendo da formulação entre Mix de açúcar (açúcar dissolvido em água com 44°Brix) e Glucopam (preparado comercial com 75-80°Brix). Salienta-se, ainda, que em 7 das formulações estudadas foi adicionado espessante (amido).

Tabela 8. Composição das diferentes formulações de ketchup estudadas

Tipos de ketchup	Tipo de Concentrado	Tipo de Açúcar	Adição de amido
A	HB 28/30	Mix	Não
B	HB 28/30	Glucopam	Não
C	HB 28/30	Mix	Sim
D	HB 28/30	Mix	Sim
E	HB 28/30	Mix	Não
F	HB 28/30	Mix	Sim
G	HB 28/30	Mix	Sim
H	HB 28/30	Mix	Sim
I	HB 28/30	Mix	Não
J	HB 28/30	Mix	Não
L	HB 28/30	Glucopam	Sim
M	HB 28/30	Mix	Não
N	HB 28/30	Glucopam	Sim

4.1.1. Delineamento experimental

O processo de amostragem inicia-se quando a fórmula está finalizada (2000kg), isto é, depois de todos os ingredientes serem adicionados e de ultrapassado o período mínimo de agitação (aproximadamente 10 minutos). Assim, é a partir deste momento que se dá início ao estudo propriamente dito.

As diversas amostras, de aproximadamente 250 mL cada, foram retiradas com intervalos de tempo de 10 minutos, desde o finalizar da fórmula, correspondente à amostra no tempo zero, até o tanque conter cerca de 650 kg, visto não ser possível retirar amostras abaixo desse valor devido à posição da válvula de recolha.

Foram estudados intervalos de tempo de agitação desde 0 minutos (tempo mínimo de agitação) até 120 minutos (tempo máximo de agitação). Salienta-se que devido à velocidade de andamento da linha de enchimento apenas três ketchups foram estudados durante 120 minutos, nos restantes, o tempo de estudo foi inferior. Nos primeiros 70 minutos de agitação foram retiradas, em média, 8 amostras em cada tempo para cada formulação. No intervalo de tempo entre os 80 e os 120 minutos retiraram-se, em média, 4 amostras em cada tempo para cada formulação.

As amostras recolhidas foram submetidas a controlo físico-químico. Com base nos resultados deste controlo, o produto era enviado para a linha de enchimento.

O produto final, depois de passar todas as operações unitárias do processo foi igualmente caracterizado.

4.1.2. Controlo analítico do ketchup

Como referido anteriormente, foi realizado controlo físico-químico às amostras recolhidas e ao produto final, tendo sido analisados os parâmetros °Brix, consistência, teor de cloretos, acidez e pH.

Seguidamente, apresenta-se a metodologia e os materiais utilizados para a análise de cada um dos parâmetros.

- Teor de Sólidos Solúveis

A análise do teor de sólidos solúveis foi realizada com um refractômetro RFM 330+ (Figura 10). O resultado da leitura é expresso em porcentagem.



Figura 10. Refractômetro RFM 330 +

- Consistência de Bostwick

A análise deste parâmetro físico-químico foi realizada num consistômetro de Bostwick (Figura 11). Antes de se realizar a análise é fundamental nivelar o aparelho.

Os resultados obtidos são expressos em cm, e correspondem ao avanço do ketchup na régua do aparelho ao fim de 30 segundos.



Figura 11. Consistômetro de Bostwick

- Teor de cloretos

A análise ao teor de sal (Figura 12) foi realizada pelo método de Mohr. Foram adicionadas 10 gramas de amostra a 190 mL de água destilada. A solução devidamente homogeneizada foi filtrada, com auxílio de um papel de filtro.

Seguidamente, procede-se à titulação com nitrato de prata em presença de cromato de potássio, até mudança de cor – de amarelo para amarelo alaranjado.

Os resultados obtidos são expressos em % de sal.

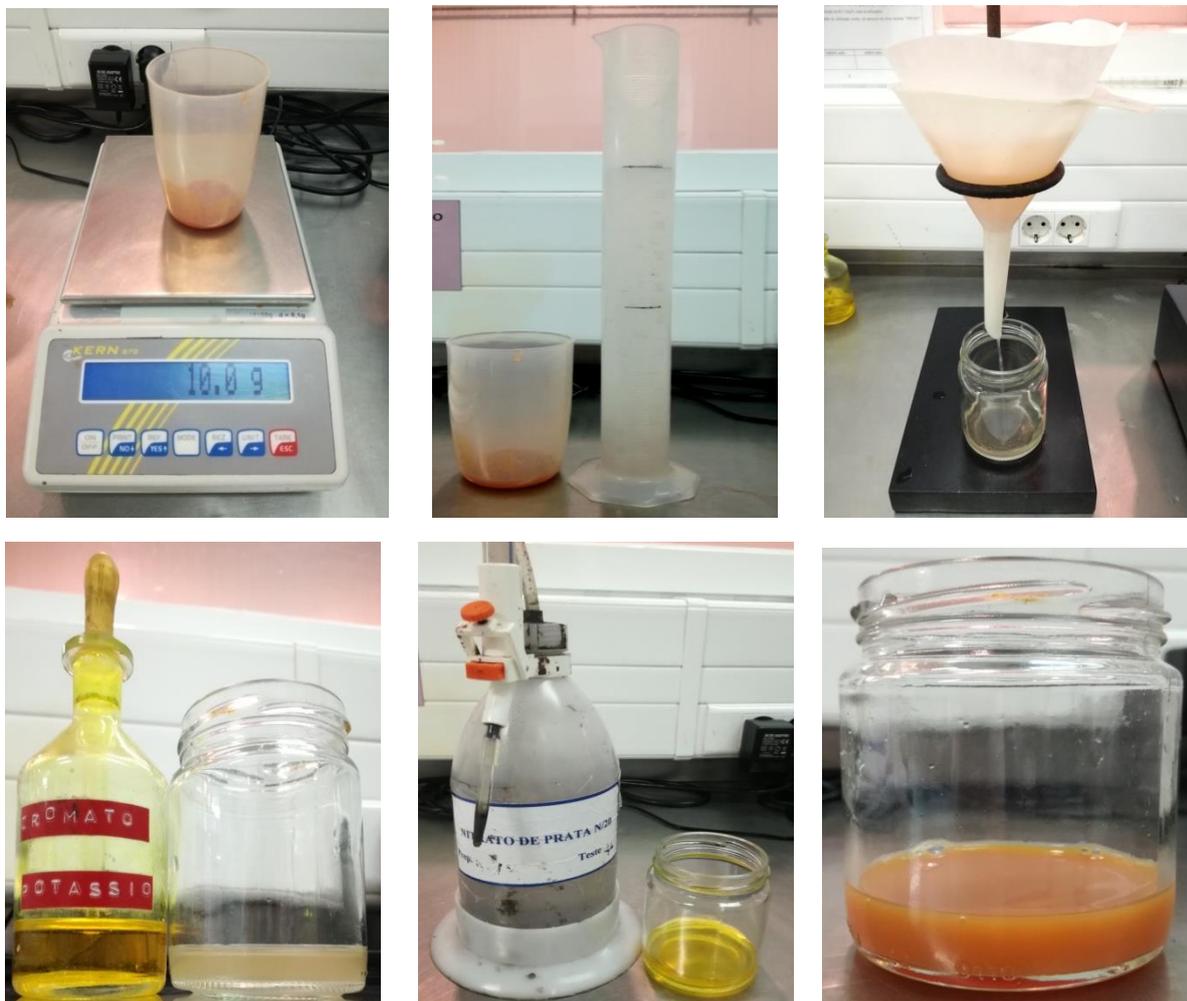


Figura 12. Procedimento para determinação do teor de cloretos

- Acidez

A determinação da acidez foi efectuada por potenciometria (Figura 13). Foram adicionadas 6 gramas de amostra a 100 mL de água destilada.

O eléctrodo é introduzido na solução devidamente homogeneizada, possibilitando, a leitura em contínuo do valor de pH. De seguida, adicionou-se, lentamente, NaOH à mesma, até que se obteve uma solução de pH igual a 8,10.

Regista-se o volume de NaOH gasto e converte-se directamente, o volume registado, no valor de acidez do produto.

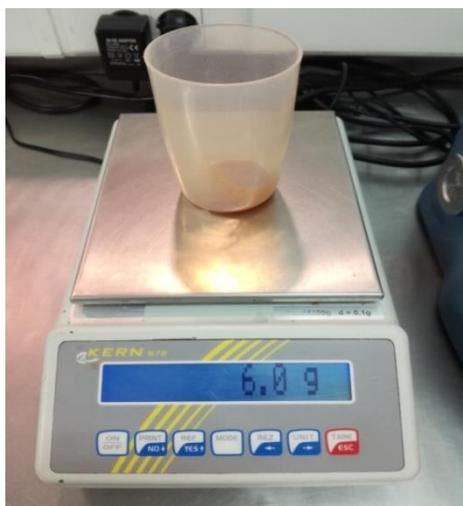


Figura 13. Procedimento para a determinação da % de acidez

- pH

A análise do pH foi realizada com um potenciômetro HI 2210 pH Meter (Figura 14), devidamente calibrado.

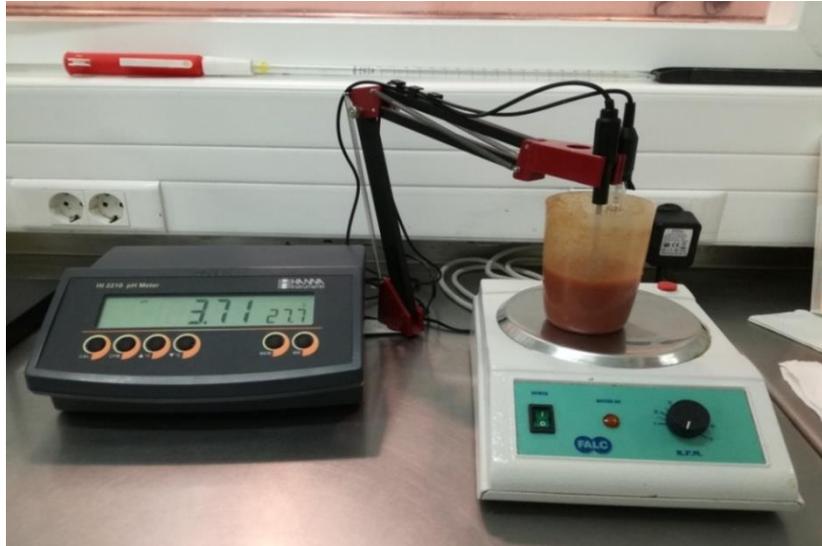


Figura 14. Potenciômetro HI 2210 pH Meter

4.1.3. Análise estatística dos resultados

A análise dos resultados foi realizada através do programa estatístico SAS System (Statistical Analysis Software), tendo-se efectuado a análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, o teste de Tukey para comparação dos valores médios obtidos. Os resultados dos testes foram calculados com um nível de significância de 95 % de probabilidade de erro, e considerou-se significativa a diferença entre as amostras sempre que $p\text{-value} < 0,05$.

4.2. Estudo do impacto da ordem de adição dos ingredientes maioritários

Este estudo centrou-se nos parâmetros físico-químicos °Brix e Consistência, variáveis chave neste produto, com o objectivo de avaliar a ocorrência de mudanças significativas nas mesmas, se a ordem de adição dos ingredientes maioritários for alterada.

Delineamento experimental

Atendendo a que a formulação base do ketchup é: concentrado de tomate, açúcar, vinagre, sal e água, foram estas as variáveis estudadas. De forma a mimetizar o ocorrido no estudo anterior, utilizou-se concentrado do tipo HB 28/30. Dado que o Mix de açúcar é o tipo de açúcar mais utilizado nas formulações estudadas, foi este o edulcorante seleccionado.

A formulação seleccionada está estabelecida para 2000 kg, no entanto, este estudo foi efectuado à escala laboratorial, 1 kg.

A análise dos resultados obtidos no primeiro estudo permitiu concluir que 60 minutos de agitação são suficientes para garantir a homogeneização do produto. Desta forma, realizou-se uma experiência que consistiu em adicionar os ingredientes pela ordem standard e agitar durante 60 minutos, garantindo assim que o produto está homogeneizado. É importante referir que na unidade industrial a sequência pela qual os ingredientes são colocados dentro dos tanques de agitação é fixa, isto é, estes são adicionados sempre pela mesma ordem, independentemente da variedade de ketchup produzida – 1º Açúcar, 2º Vinagre, 3º Sal, 4º Concentrado, 5º Água. A mesma permitiu estabelecer os valores target para o °Brix e Consistência.

Estudaram-se 8 ordens de adição de ingredientes (Tabela 9). A selecção das mesmas teve por base conhecimento empírico. Salienta-se que em 3 das sequências se testou a adição fraccionada de água.

Tabela 9. Plano de ordem de adição dos ingredientes na formulação de ketchup

Sequência	Ordem de adição
1	Vinagre – Açúcar – Sal – Concentrado – Água
2	Vinagre – Concentrado – Sal – Açúcar – Água
3	Açúcar – Concentrado – Sal – Vinagre – Água
4	Vinagre – Sal – Concentrado – Açúcar – Água
5	Vinagre – Concentrado – Açúcar – Sal – Água
6	Água – Açúcar – Sal – Concentrado – Vinagre – Água
7	Água – Concentrado – Sal – Vinagre – Açúcar – Água
8	Água – Vinagre – Sal – Concentrado – Açúcar – Água

O ensaio realizado é idêntico para as 8 sequências como tal, apresenta-se uma descrição pormenorizada do mesmo apenas para uma delas – Sequência 1.

Todos os ingredientes foram pesados numa balança com duas casas decimais e, em seguida, colocados num recipiente, respeitando a ordem estabelecida para a sequência em estudo. Refere-se que a partir do momento em que primeiro ingrediente é colocado no recipiente inicia-se o processo de agitação – realizado manualmente, com auxílio de uma espátula, sempre no mesmo sentido e a uma velocidade que se procurou ser constante. Uma vez finalizado o processo de adição, inicia-se a contagem do tempo de agitação. Procedeu-se à amostragem com intervalos de 5 minutos, até que se obterem valores coincidentes com os valores target.

Foram realizadas várias réplicas para cada sequência. Para o caso específico da sequência 1, foi necessário preparar 10 réplicas, correspondentes a um tempo de agitação de 50 minutos. Para as restantes combinações, foram preparadas no mínimo 5 e no máximo 10 réplicas.

5. Resultados e Discussão

5.1. Influência do tempo de permanência da mistura nos tanques de agitação nas características do ketchup

5.1.1. Caracterização das misturas no tanque de agitação

Os resultados dos vários parâmetros analíticos testados para as misturas durante a permanência no tanque de agitação são apresentados nas figuras 15 – 19. De salientar que o tempo de permanência das misturas no tanque de agitação variou entre 50 e 120 minutos. Esta variação está relacionada com a cadência das operações unitárias seguintes.

- **Teor de Sólidos Solúveis**

A figura 15 mostra a variação do °Brix ao longo do tempo de agitação, para as diferentes formulações de ketchup estudadas.

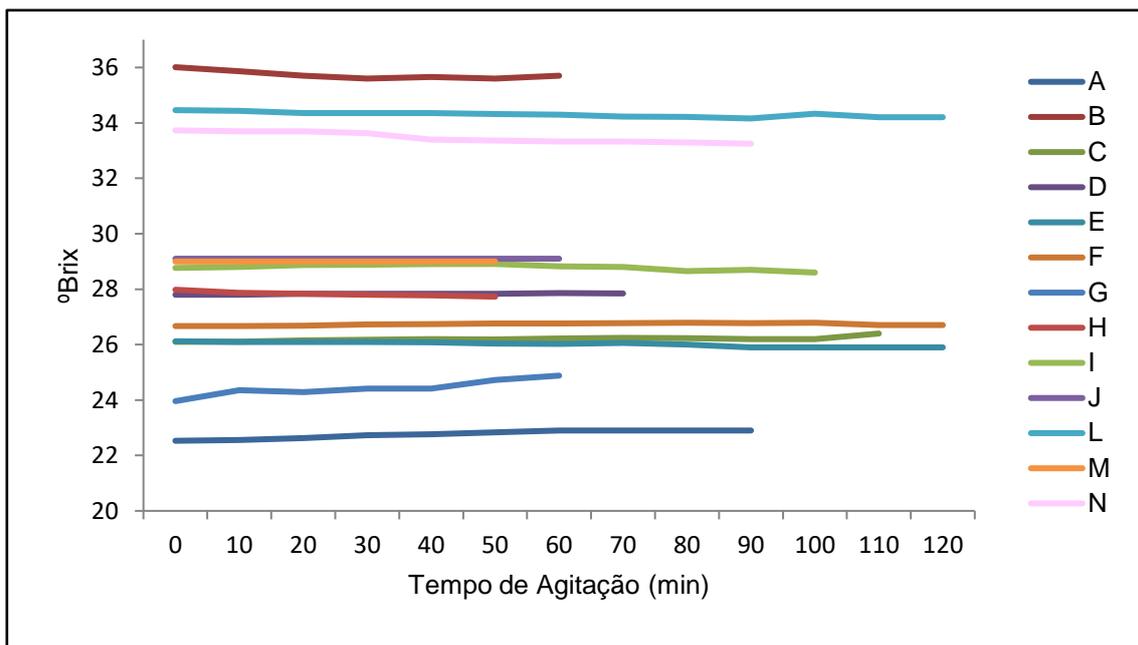


Figura 15. Variação dos valores médios de °Brix ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas

Através da análise da mesma e da análise de variância efectuada é possível verificar que, em todas as formulações de ketchup estudadas, não ocorreram variações significativas no teor de sólidos solúveis ao longo do tempo de agitação ($p > 0,05$).

Verifica-se, ainda, a existência de dois grupos de produto: as amostras B, L e N, cujos valores de °Brix estão compreendidos entre 33 e 36 e as restantes amostras com valores de °Brix entre 23 e 29. Tendo em conta que em todos os ketchups analisados é utilizado o mesmo tipo de concentrado (HB 28/30), este facto é justificado pelo tipo de açúcar utilizado, denominado de Glucopam, cujo valor de °Brix é mais elevado (75-80 °Brix) do que o utilizado nos restantes tipos (mix de açúcar com valor de °Brix de 44), conferindo-lhes valores de sólidos solúveis superiores.

Como referido anteriormente, as variações no teor de sólidos solúveis ao longo do tempo de agitação não foram significativas, no entanto, uma análise mais detalhada permite observar algumas tendências: Nos tipos B, L e N, observa-se uma tendência decrescente dos valores médios de °Brix, isto é, à medida que o tempo de agitação aumenta, os valores médios de sólidos solúveis diminuem. Este facto, embora não comprovado de forma científica, pode estar relacionado com o processo de separação de fases na mistura, uma vez que se verifica que o glucopam ao longo do tempo de agitação tem tendência a emergir à superfície. De forma a sustentar esta hipótese retiraram-se amostras da parte superior do tanque (aos 20 e aos 50 minutos de agitação), e compararam-se os valores de °Brix com os das amostras retiradas na válvula de recolha (situada no fundo do tanque). Verificou-se, assim, que em ambos os tempos de agitação os valores de °Brix eram superiores nas amostras retiradas do cimo do tanque. Fez-se ainda a comparação entre as duas amostras retiradas de cima, e verificou-se que dos 20 para os 50 minutos de agitação o valor de sólidos solúveis aumentou. Este facto indicia que tempos de agitação muito prolongados em amostras que contêm glucopam podem implicar diferenças no produto.

Nas formulações que contêm mix de açúcar, observa-se uma tendência crescente dos valores médios de °Brix, isto é, à medida que o tempo de agitação aumenta, os valores médios de sólidos solúveis tendem a aumentar. Uma vez que o mix de açúcar é preparado no momento da execução da receita ou pouco tempo antes da sua realização, quando adicionado à mesma ainda existe alguma quantidade de açúcar que pode não estar completamente dissolvida. Deste modo é espectável que ao longo do tempo de agitação este se dissolva aumentando o valor total de sólidos solúveis.

- **Consistência de Bostwick**

Na figura 16 pode observar-se a variação da consistência ao longo do tempo de agitação, para as diferentes formulações de ketchup testadas.

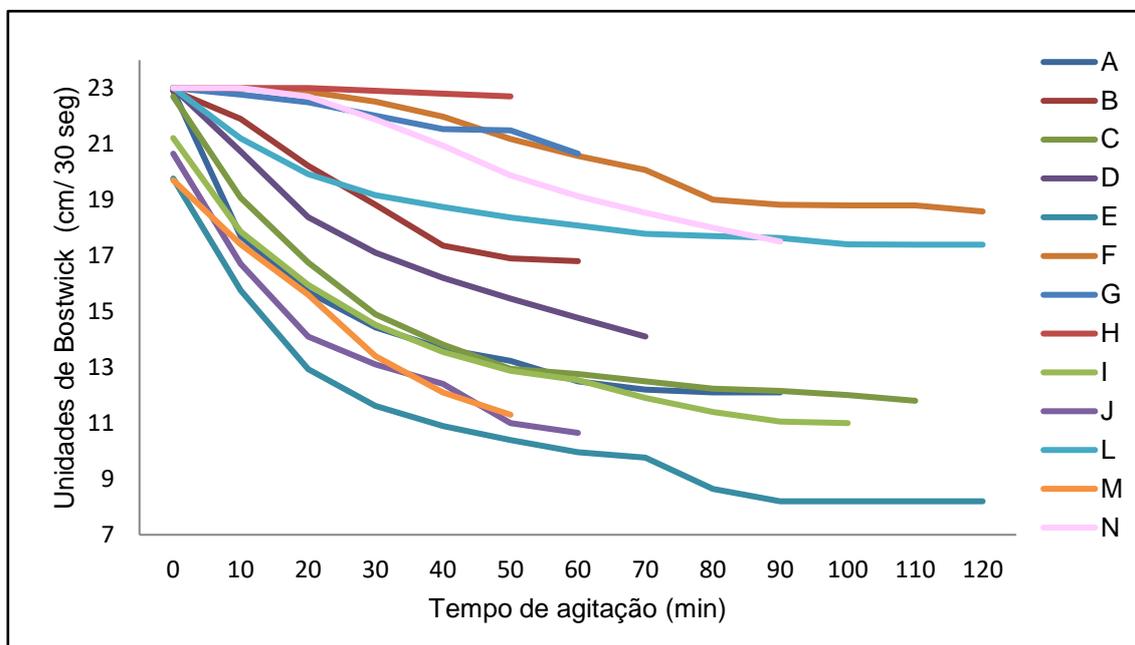


Figura 16. Variação dos valores médios da consistência ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas

Através da análise da figura 16 é possível verificar que no tempo de agitação zero os valores de consistência rondavam os 20-23 cm/ 30 seg, no entanto, ao longo do tempo de agitação ocorreu uma diminuição deste valor, que se traduz num produto significativamente mais consistente, em todas as formulações ($p < 0,05$).

Nas formulações G e H essa diminuição foi ligeira, entre 2-3 cm/ 30 seg, no entanto, nas restantes registou-se uma diminuição significativa, igual ou superior a 5 cm/ 30 seg. A diminuição deste parâmetro em todas as formulações vai de encontro ao esperado, já que quando se adiciona o concentrado à mistura este se encontra mais aglomerado e só ao longo do tempo de agitação se vai desfazendo e aumentando, deste modo, a consistência da mistura. Verifica-se uma maior solubilização das pectinas.

Embora em todas as formulações analisadas tenha sido utilizado o mesmo tipo de concentrado (HB 28/30), os valores de consistência obtidos são variáveis. Este facto está relacionado com a concentração de concentrado estabelecida para cada receita. Realça-se o facto de que as receitas com menor concentração de concentrado possuem, na maioria das vezes, um espessante (amido), que assume um papel importante na consistência após o processamento térmico. Assim, o valor deste parâmetro deve-se em alguns ketchups às pectinas e noutros aos dois biopolímeros pectinas e amido.

Em todas as formulações verificou-se uma descida no valor de consistência na primeira fase de agitação, tendendo, posteriormente, para um valor constante. Pela análise da figura 16 pode concluir-se que o tempo mínimo de agitação para a maioria das formulações ronda os 40-60 minutos. Tempos de agitação superiores não provocam alterações significativas deste parâmetro.

- **Teor de Cloretos**

A figura 17 mostra a variação do teor de cloretos ao longo do tempo de agitação, para as diferentes formulações de ketchup estudadas.

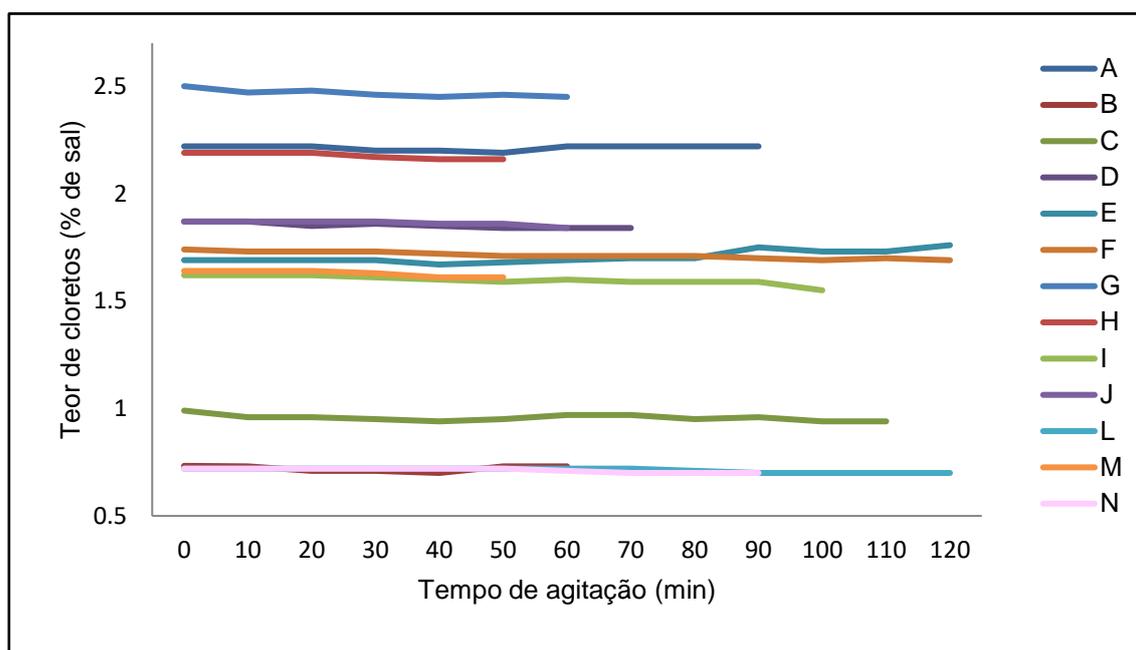


Figura 17. Variação dos valores médios de teor de cloretos ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas

Analisando a figura 17 verifica-se que, em todas as formulações estudadas, não ocorreram variações significativas no teor de cloretos ao longo do tempo de agitação ($p > 0,05$). Este facto era expectável, por um lado, porque a quantidade de sal adicionada em cada receita é relativamente baixa, por outro lado, este ingrediente antes de ser adicionado à receita é misturado com água, num pequeno tanque de agitação, iniciando-se logo o processo de dissolução. Desta forma, quando adicionado à mistura já se encontra totalmente dissolvido, o que facilita a incorporação do mesmo.

As variações no teor de cloretos observadas entre ketchups estão relacionadas com a quantidade de sal estabelecido para cada formulação.

É importante garantir que todos os parâmetros da mistura se encontram dentro dos valores de referência antes de permitir o seu envio para a linha de enchimento. No entanto,

no que diz respeito ao teor de cloretos essa garantia assume um papel mais importante do que nos dois parâmetros analisados anteriormente. Os valores de sólidos solúveis e de consistência são significativamente afectados pelo processamento térmico, contrariamente aos valores de % de sal que permanecem quase inalterados, assim, a % de sal com que a mistura sai da cozinha industrial será a mesma ou semelhante à do produto final.

Os valores obtidos nas diferentes formulações estudadas encontravam-se dentro dos limites estabelecidos, possibilitando um envio seguro da mistura para a linha de enchimento.

- **Acidez**

A figura 18 mostra a variação da acidez ao longo do tempo de agitação, para as diferentes formulações de ketchup testadas.

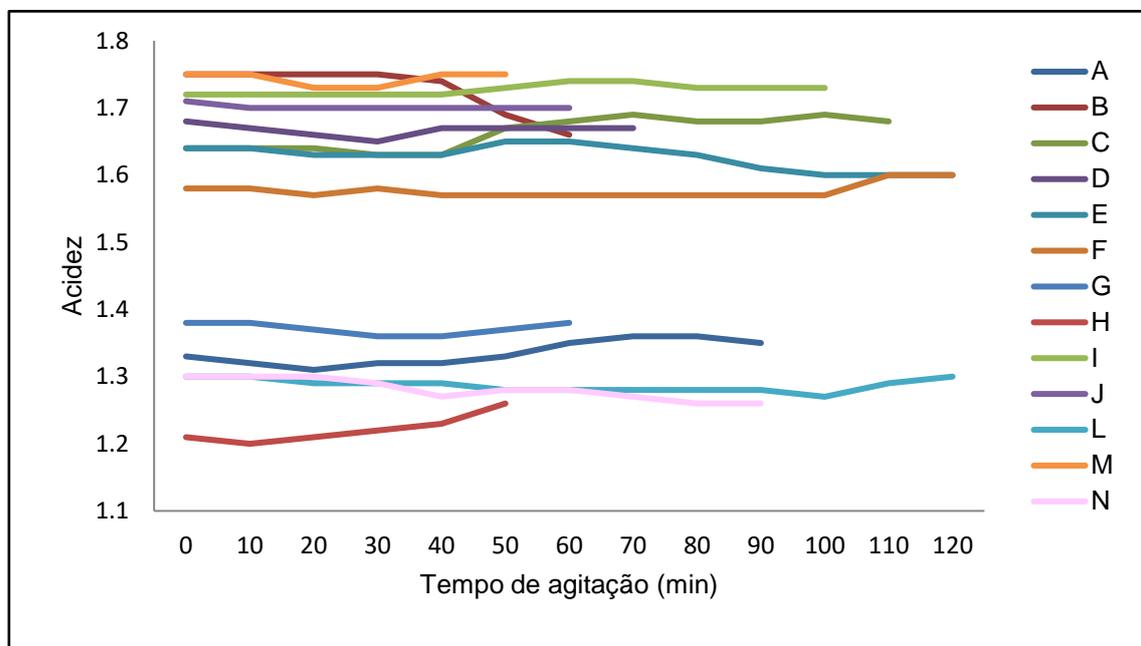


Figura 18. Variação dos valores médios de acidez ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas

Pela análise da figura 18 é possível verificar que não ocorreram variações significativas no valor da acidez das 13 formulações estudadas, ao longo do tempo de agitação ($p > 0,05$). Este facto era esperado, visto que o ingrediente que mais contribui para este valor é o vinagre, solução líquida, que não sofre alterações ao longo da agitação.

As variações no valor de acidez observadas entre as diferentes formulações estão relacionadas com a quantidade de vinagre estabelecido para cada produto (imposição do cliente).

À semelhança do que acontece no teor de cloretos, o valor deste parâmetro não é significativamente afectado pelo processamento térmico, mantendo-se mesmo inalterado na maioria dos tipos analisados. Assim, o valor de acidez com que a mistura sai da cozinha industrial será o mesmo ou semelhante ao do produto final.

- **pH**

A figura 19 mostra a variação do pH ao longo do tempo de agitação, para as diferentes formulações de ketchup estudadas.

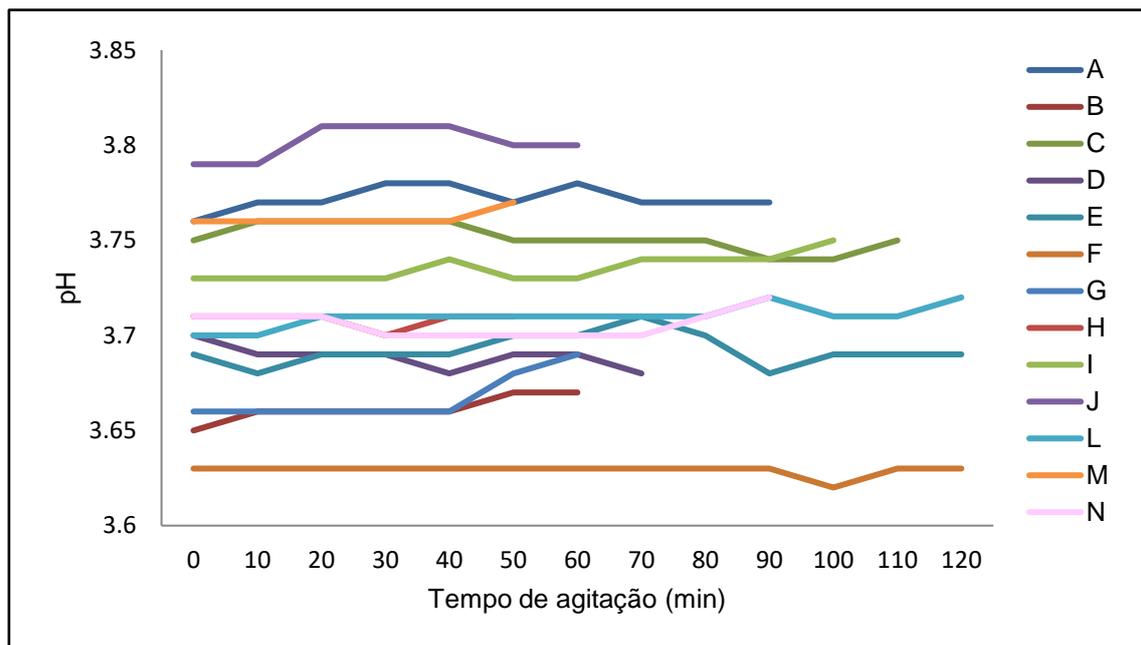


Figura 19. Variação dos valores médios de pH ao longo do tempo de agitação, nas 13 formulações estudadas

Ao analisar a mesma verifica-se que, em todas as formulações estudadas, não ocorreram variações significativas no pH ao longo do tempo de agitação ($p > 0,05$), o que era expectável face ao observado para a acidez.

Não existe um ingrediente que contribua mais ou menos para o valor deste parâmetro, sendo a mistura de todos os ingredientes que define o seu valor. Este motivo, justifica o facto de a maioria dos tipos analisados não terem um valor estabelecido para o mesmo.

5.1.2. Caracterização do produto final

Nas figuras 20 a 24 apresentam-se os valores médios globais dos parâmetros analisados nos tanques de agitação e os valores globais dos respectivos produtos finais, para todas as formulações.

- **Teor de Sólidos Solúveis**

Na figura 20 apresentam-se os valores médios globais de °Brix obtidos e os respectivos desvios padrão à saída do tanque de agitação e no final, para as diferentes formulações de ketchup analisadas.

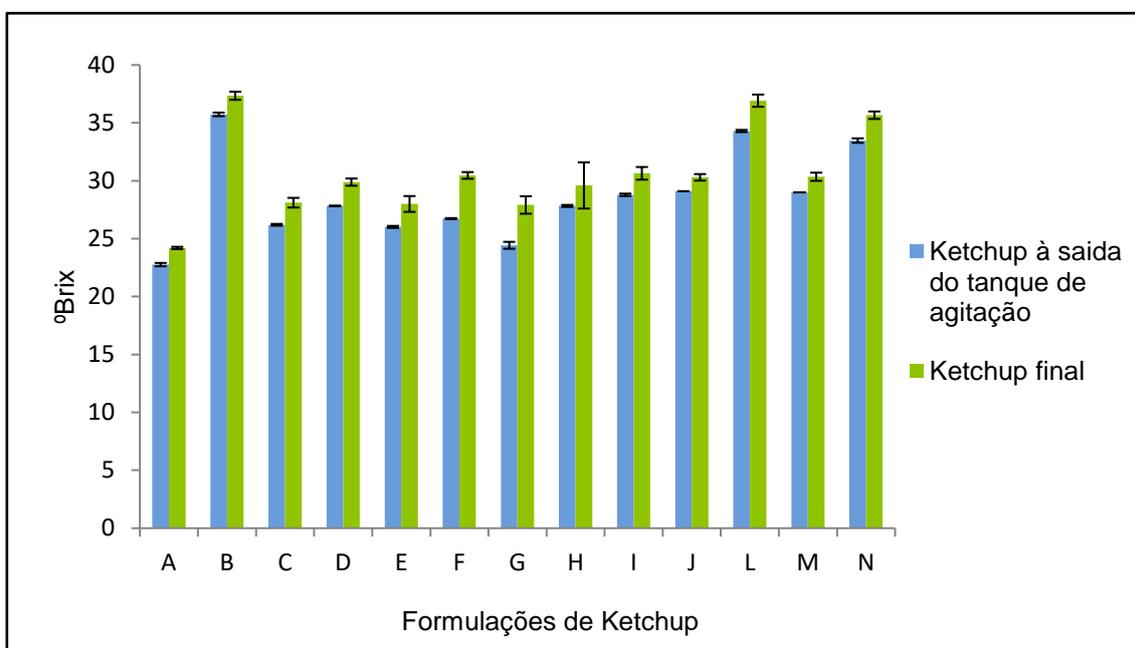


Figura 20. Comparação dos valores de °Brix do ketchup à saída do tanque de agitação e no final

Pela análise dos resultados da figura 20 é possível verificar que em todas as formulações estudadas os valores de °Brix registaram um aumento significativo ($p < 0,05$) depois do ketchup ser sujeito ao processamento térmico, podendo-se, desta forma, afirmar que o mesmo tem influência sobre este parâmetro. Os aumentos registados foram na ordem das 2-3 unidades.

Este facto era expectável, uma vez que ao longo do mesmo ocorre uma diminuição do teor de humidade no produto (cerca de 10%), resultante da elevada temperatura a que este é exposto. Assim, para a mesma quantidade de amostra há menos quantidade de água e, por consequência, maior quantidade de sólidos solúveis (representados quase na totalidade por açúcares). Os resultados obtidos estão em concordância com um estudo realizado por (Torbica et al., 2016) onde se avaliaram as mudanças nas propriedades físico-químicas durante o processamento do ketchup e se verificou que no decorrer deste os valores de °Brix também aumentam.

Não existe um valor legal que defina qual o teor de sólidos solúveis que o ketchup deve apresentar, deste modo, este parâmetro é definido pelo cliente (Santos et al., 2017). Realça-

se, assim, o facto de que todos os valores de °Brix obtidos para os diversos produtos finais se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos.

- **Consistência de Bostwick**

Na figura 21 apresentam-se os valores médios globais de consistência obtidos e os respectivos desvios padrão à saída do tanque de agitação e no final, para as diferentes formulações de ketchup analisadas.

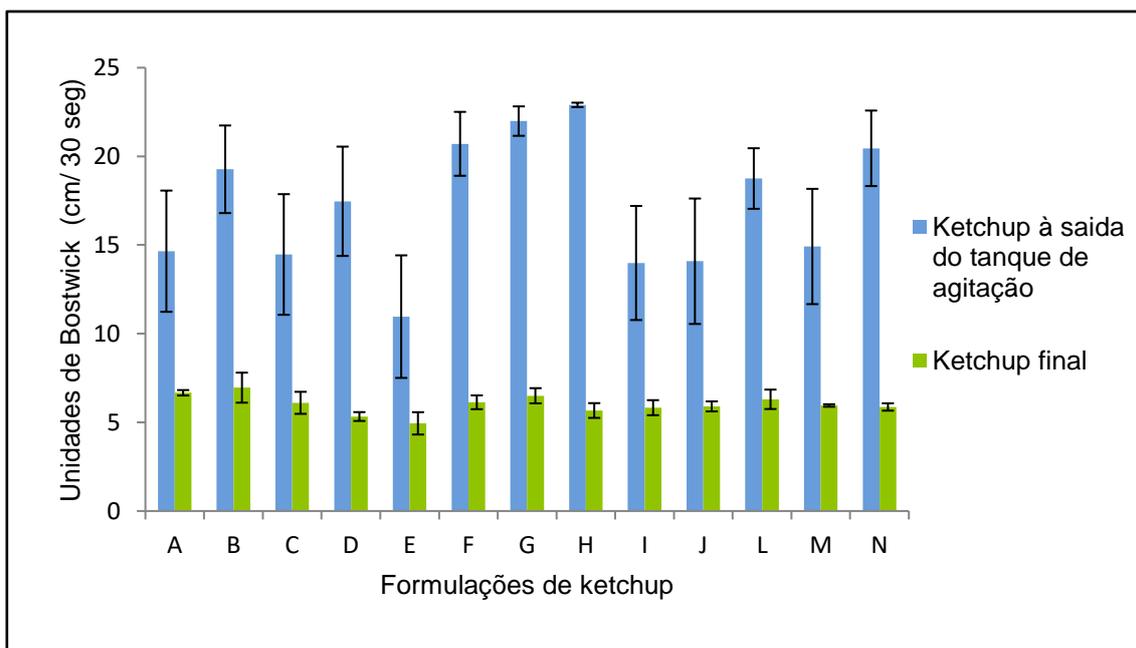


Figura 21. Comparação dos valores de consistência do ketchup à saída do tanque de agitação e no final

Ao analisar os valores médios globais de consistência obtidos verifica-se que em todas as formulações de ketchup estudadas este parâmetro sofreu uma diminuição acentuada depois do processamento térmico ($p < 0,05$), sendo esta traduzida num aumento de consistência do produto. As diminuições registadas foram na ordem das unidades, em média, 7-8 unidades. Realça-se que os valores finais obtidos foram semelhantes para os 13 ketchups estudados, situando-se entre os 5-7 cm/ 30 seg.

A fase sólida no ketchup, que determina a sua consistência, provém em grande parte dos fragmentos da parede celular do tomate, assim, o tamanho que as partículas apresentam está relacionado com a abertura dos crivos utilizados durante o processamento do concentrado (Bayod et al., 2008). No entanto, quando o mesmo é submetido a temperaturas elevadas e ao processo de homogeneização (com recurso a pressão) o tamanho das partículas é afectado e a consistência também (Juszczak et al., 2013).

O uso de elevadas temperaturas e de pressão provocam rupturas na estrutura celular e, conseqüentemente, o aumento da suspensão do material celular no meio aquoso e a solubilização da protopectina das paredes celulares (Thakur et al., 1996; Bayod et al., 2008). Estes factores conduzem, então, a um aumento da consistência da mistura.

O recurso a misturas com amido é outro factor que afecta significativamente a viscosidade. Por acção do calor (temperatura de pasteurização inferior à de gelatinização do amido), os grânulos de amido incham, altera-se a associação entre moléculas de amilose e amilopectina por pontes de hidrogénio e perde-se a organização em regiões cristalinas e opacas, o que leva a que o grão rompa e permita a entrada de água nos grânulos, estabelecendo-se pontes de hidrogénio com a água. A amilose favorece a adesão entre os grânulos, forma uma pasta, pelo que há um aumento da viscosidade da solução (Denardin & Silva, 2009) De salientar que a adição de amido não evidenciou um efeito marcado na consistência do produto final. As várias formulações de ketchup que continham amido (C, D, F, G, H, L, N) apresentam consistência semelhante às restantes. Este facto confirma o equilíbrio das formulações, verificando-se o efeito do amido em substituição de pectinas, dado que o teor de concentrado de tomate nestas formulações é menor.

Assim, as alterações obtidas nos valores de consistência estão de acordo com o esperado, visto que todos os ketchups analisados foram sujeitos a elevadas temperaturas e ao processo de homogeneização. E em sete das treze variedades analisadas foram utilizados preparados de amido.

- **Teor de cloretos**

Na figura 22 apresentam-se os valores médios globais de teor de cloretos obtidos e os respectivos desvios padrão à saída do tanque de agitação e no final, para as diferentes formulações de ketchups analisadas.

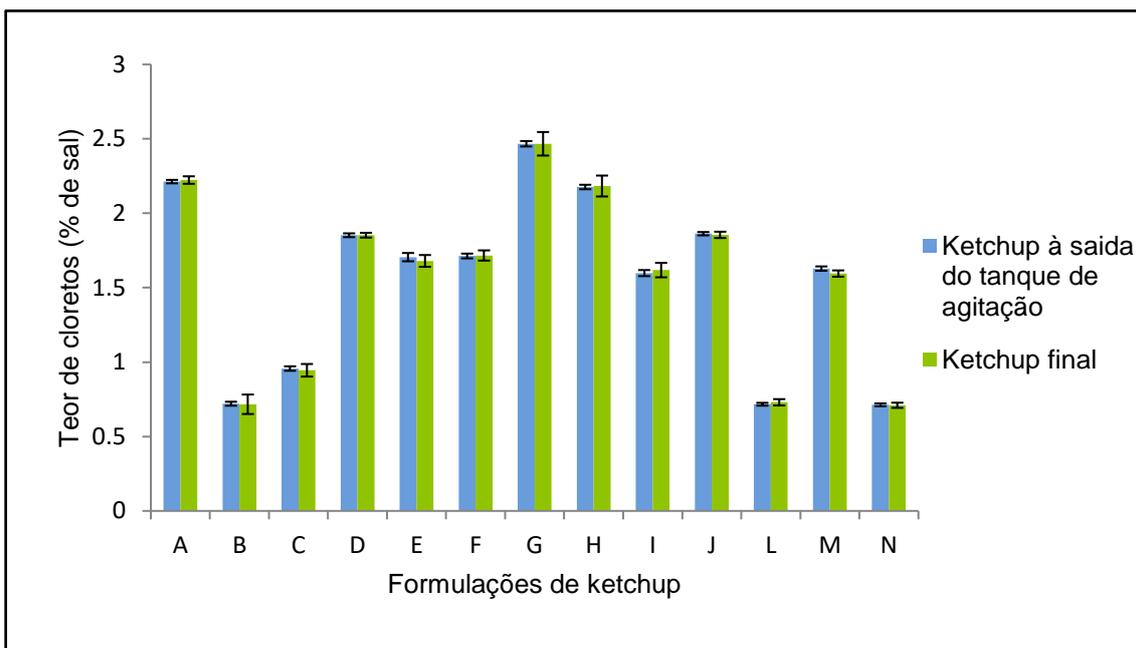


Figura 22. Comparação dos valores de teor de cloretos do ketchup à saída do tanque de agitação e no final

Os resultados obtidos para o teor de cloretos permitem afirmar que este parâmetro não é afectado significativamente pelo processamento térmico, já que a maioria dos valores de % de sal não sofreram variação ou sofreram uma variação mínima ($p > 0,05$).

Como referido anteriormente, o teor de humidade do produto diminui durante o processamento térmico, resultando numa maior quantidade de sólidos solúveis para a mesma quantidade de amostra. Assim, e pertencendo o NaCl a esta categoria também seria expectável que os valores % de sal no produto aumentassem. No entanto, a quantidade de sal adicionada na preparação de cada uma das formulações de ketchup é pouco significativa, deste modo, não se poderiam esperar grandes variações em relação ao produto final.

- **Acidez**

Na figura 23 apresentam-se os valores médios globais de acidez obtidos e os respectivos desvios padrão à saída do tanque de agitação e no final, para as diferentes formulações de ketchup analisadas.

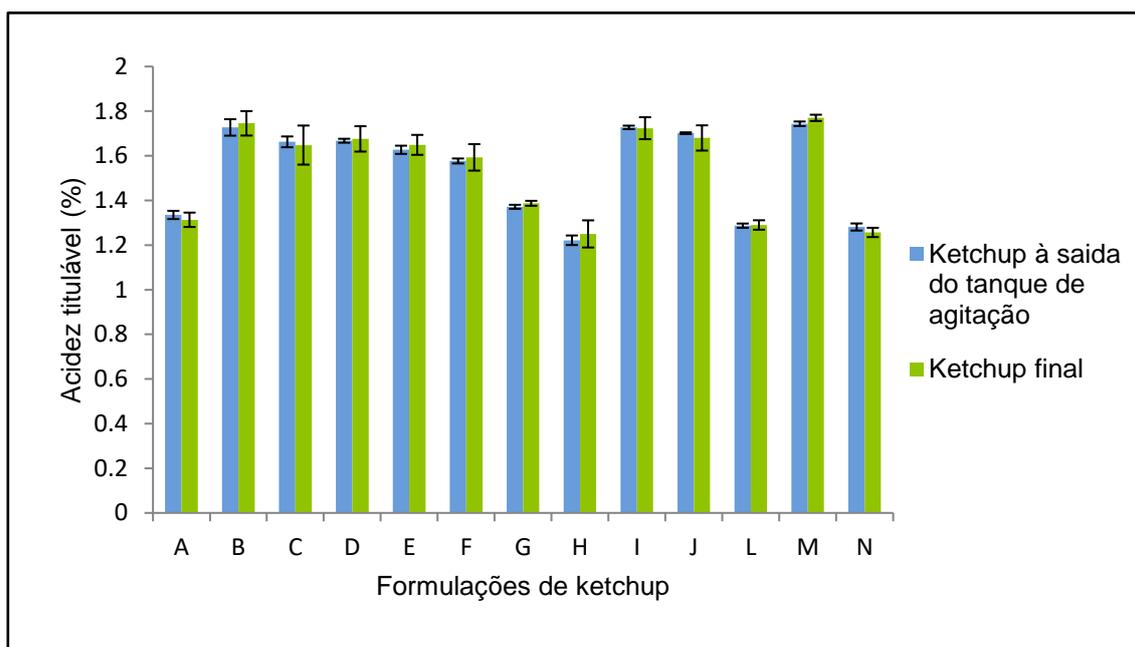


Figura 23. Comparação dos valores de acidez do ketchup à saída do tanque de agitação e no final

Pela análise dos resultados da figura anterior é possível verificar que os valores de acidez titulável não variaram de forma significativa depois do ketchup ser sujeito ao processamento térmico ($p > 0,05$). Assim, pelo estudo realizado conclui-se que este parâmetro não é afectado significativamente pelo mesmo.

Este parâmetro na polpa de tomate é expresso em ácido cítrico, uma vez que é o ácido orgânico mais abundante nesta matéria-prima, sendo por isso, o que mais contribui para a acidez (Anthon e Barrett, 2012). O ketchup também possui este ácido na sua constituição, no entanto, este não representa a maior percentagem, sendo esse lugar ocupado pelo ácido acético. Desta forma, a acidez titulável neste produto é expressa em g de ácido acético por 100g de produto.

Santos et al., 2017 relataram valores de percentagem de ácido acético em ketchups variando de 1,32 a 1,75%. Neste estudo, apenas duas variedades analisadas apresentavam valores de acidez mais baixos, na ordem dos 1,2%, relacionados com a quantidade de vinagre adicionada à receita. Nas restantes variedades os valores obtidos enquadram-se nos valores relatados pelos autores.

- pH

Na figura 24 apresentam-se os valores médios globais de pH obtidos e os respectivos desvios padrão à saída do tanque de agitação e no final, para as diferentes formulações de ketchup analisadas.

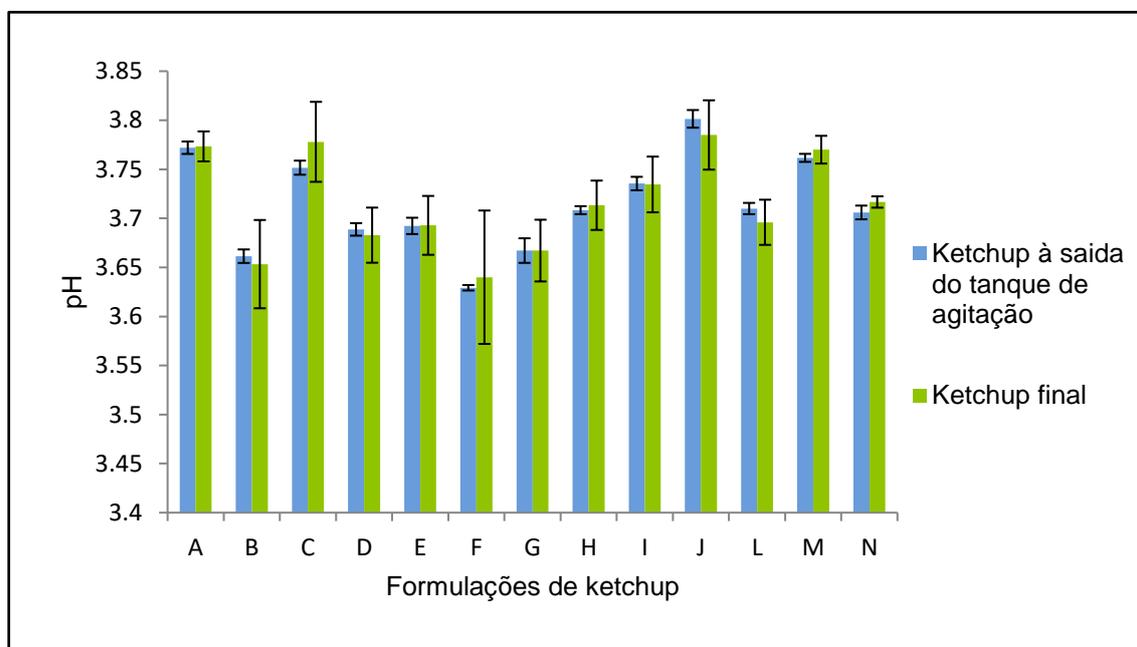


Figura 24. Comparação dos valores de pH do ketchup à saída do tanque de agitação e no final

Os resultados obtidos para o pH permitem afirmar que este parâmetro não é afectado significativamente pelo processamento térmico, visto que a maioria dos valores obtidos não sofreram variação ou sofreram uma variação mínima ($p > 0,05$).

Segundo Rajchl et al., 2010 e Torbica et al., 2016 o ketchup deve conter valores de pH inferiores a 4.4 – limiar para a estabilidade do produto. Valores superiores possibilitam a proliferação de organismos, em particular, termofílicos, que aceleram a sua degradação. Nas treze formulações de ketchup analisadas, os valores de pH situaram-se entre 3,5 e 3,8, abaixo do limiar de estabilidade, indicando que todos os produtos estão conformes.

Para além da estabilidade, os baixos valores de pH contribuíram para o aumento da consistência do produto. Visto que, valores de pH mais baixos, aumentam a extração da pectina e de constituintes de tomate de elevado peso molecular aumentando, consequentemente, a consistência da mistura (Thakur et al., 1996).

5.2. Impacto da ordem de adição dos ingredientes maioritários no °Brix e na consistência do ketchup

Nas figuras 25 e 26 apresentam-se os valores de °Brix e consistência obtidos ao longo do tempo de agitação, para as diferentes ordens de adição de ingredientes estudadas.

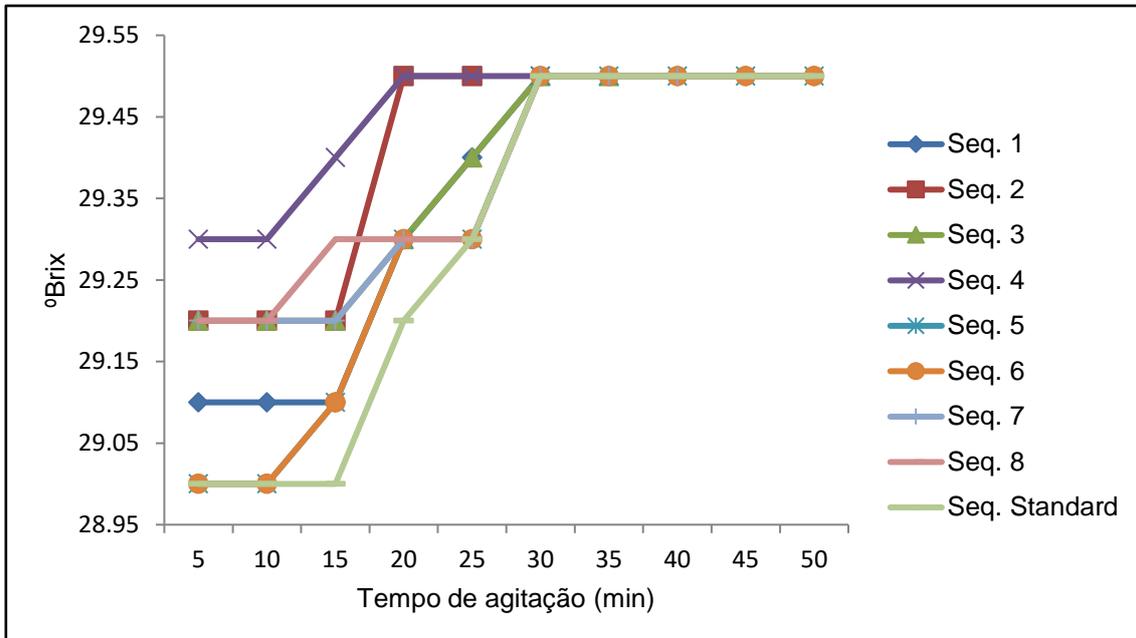


Figura 25. Variação do °Brix do ketchup para as diferentes ordens de adição de ingredientes em função do tempo de agitação

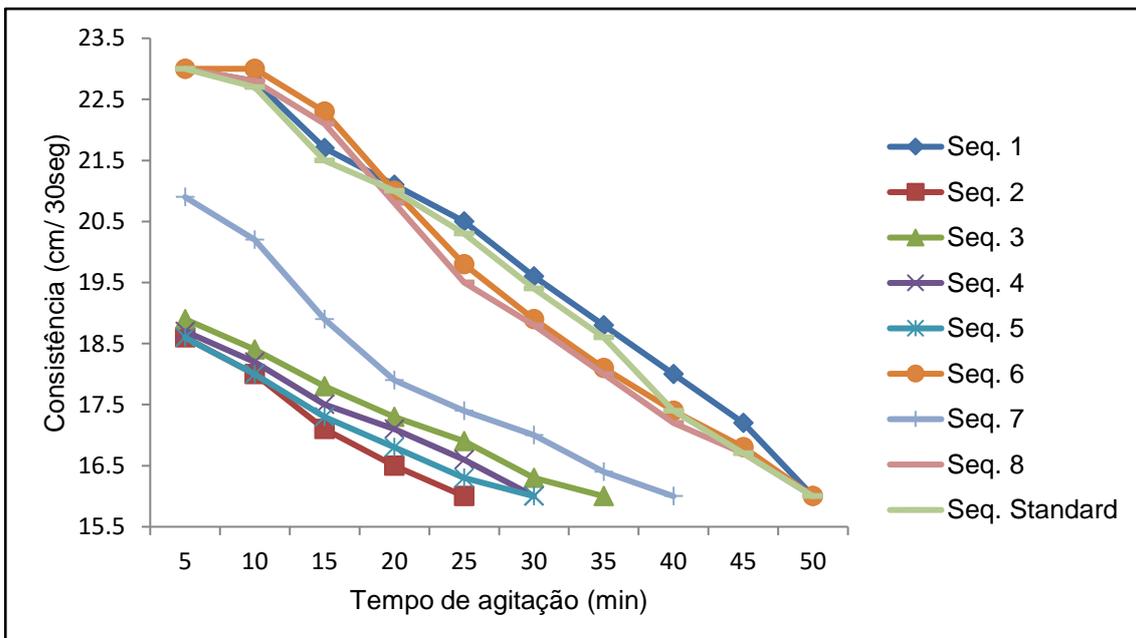


Figura 26. Variação da consistência do ketchup para as diferentes ordens de adição de ingredientes em função do tempo de agitação

A determinação dos valores target permitiu afirmar que, ao fim de 60 minutos de agitação, o valor de °Brix é 29,5 e o valor de consistência 16.

Através da análise conjunta das 8 sequências estudadas e da sequência standard (Açúcar – Vinagre – Sal – Concentrado – Água), verifica-se que a 2ª sequência (Vinagre – Concentrado – Sal – Açúcar – Água) é a mais eficiente, visto que necessita de menos tempo de agitação (25 minutos) para que a mistura atinja os valores pretendidos. Seguem-se a 4ª e 5ª sequências com um tempo de agitação necessário de 30 minutos. Para a 3ª sequência são necessários 35 minutos de agitação. No que diz respeito à 7ª sequência verificou-se um tempo de agitação de 40 minutos. Por último, para as sequências 1, 6, 8 e standard o tempo de agitação recomendado é de 50 minutos.

O °Brix, tal como seria de esperar, não foi afectado significativamente pela ordem de adição dos ingredientes. Assim, foi a nível da consistência que se verificaram as maiores diferenças, sendo também este o parâmetro que necessita de um maior tempo de agitação para atingir o valor target (16). Através dos estudos realizados é possível perceber que a consistência desejada é alcançada mais rapidamente sempre que a ordem de colocação de ingredientes é 1º vinagre e 2º concentrado/sal, tal como acontece nas sequências 2, 4 e 5. Como referenciado anteriormente, em presença de meio ácido aumenta a solubilização da protopectina e de constituintes de elevado peso molecular aumentando, desta forma, a consistência.

Neste sentido, dever-se-ia optar por uma destas sequências em detrimento da sequência standard, visto que ao conseguir alcançar um produto mais consistente num menor espaço de tempo reduz tempos de agitação e, conseqüentemente, custos de operação – parâmetros fundamentais neste tipo de indústria. No entanto, antes de o concentrado ser adicionado à receita é fundamental que exista no tanque de agitação um nível mínimo de líquido para garantir o bom funcionamento do agitador. A quantidade de vinagre adicionada em cada receita não é muito elevada suscitando dúvidas em relação à viabilidade destas três combinações.

Desta forma, será mais seguro optar-se pela seguinte combinação mais eficiente – 3ª sequência (Açúcar – Concentrado – Sal – Vinagre – Água). Ao comparar a mesma com a sequência standard verifica-se que há apenas uma troca na ordem de adição entre o concentrado e o vinagre, mantendo-se todos os outros ingredientes na mesma posição. Sendo o açúcar o primeiro a ser adicionado garante-se a quantidade de líquido inicial necessária. A colocação antecipada do concentrado permite que este seja mais tempo sujeito ao processo de agitação, garantindo um melhor processo de dissolução.

Esta mudança permitirá reduzir o tempo de agitação em 15 minutos e ao mesmo tempo, diminuir a pressão utilizada no homogeneizador, já que o produto sai do tanque de agitação mais homogeneizado e consistente.

6. Conclusões e trabalho futuro

O trabalho desenvolvido durante o estágio de 6 meses na Sugal-Group – empresa de transformação de tomate – numa linha de produção de ketchup permite retirar várias conclusões:

- Existe um tempo de permanência mínimo nos tanques de mistura/agitação dos diferentes ingredientes do ketchup. Para a maioria das formulações testadas o tempo de agitação deve ser no mínimo de 40 a 60 minutos para garantir a estabilidade da consistência, que não varia para tempos mais prolongados. Os restantes parâmetros não variaram ao longo do tempo de agitação. Este facto é de extrema importância pois, se por qualquer problema nas operações seguintes for necessário um tempo de espera a qualidade do produto final não é afectada;
- O processamento térmico implicou um aumento dos valores de °Brix (2-3 unidades), consequência, da diminuição do teor de água existente no produto. Os valores de consistência diminuíram significativamente (7-8 unidades), traduzindo-se num produto mais consistente. Os parâmetros teor de cloretos, acidez e pH sofreram variações pouco significativas;
- Todos os parâmetros analisados nos diferentes produtos finais encontravam-se dentro dos limites estabelecidos. Assim, afirma-se que o todo o processamento, em particular, os processos de pasteurização e homogeneização, é realizado de forma eficiente;
- A ordem de adição de ingredientes utilizada actualmente não é a mais eficiente, uma vez que a homogeneização do produto só se atinge ao fim de 50 minutos de agitação. Assim, deve optar-se pela 3ª sequência (Açúcar – Concentrado – Sal – Vinagre – Água), já que esta garante a redução de tempos de agitação (15 minutos) e de pressões no homogeneizador, possibilitando a redução de custos de operação.

Após a realização do presente trabalho e de forma a dar continuidade ao mesmo sugere-se como objectivos futuros:

- A possibilidade de analisar as amostras do tanque de agitação até ao fim, em particular, as formulações que contêm glucopam;
- A análise de formulações de ketchup em que seja utilizado outro tipo de concentrado;

- A realização do último estudo, diferentes ordens de adição de ingredientes majoritários, utilizando glucopam em vez de mix de açúcar.

7. Referências Bibliográficas

- Amiri-Rigi, A., & Abbasi, S. (2016). Microemulsion-based lycopene extraction: Effect of surfactants, co-surfactants and pretreatments. *Food Chemistry*, 197, 1002–1007.
- Antunes, S. I. M., & Palavra, a M. F. (2007). Micronização supercrítica do b-caroteno. *Engenharia Biológica*, 72.
- Anthon, G.; Barrett, D. - Pectin methylesterase activity and other factors affecting pH and titratable acidity in processing tomatoes. *Food Chemistry* 132 (2012): 915-920.
- Azabou, S., Abid, Y., Sebi, H., Felfoul, I., & Gargouri, A. (2016). LWT - Food Science and Technology Potential of the solid-state fermentation of tomato by products by *Fusarium solani* pisi for enzymatic extraction of lycopene. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 280–287.
- B.R.Thakur, P.E.Nelson, & R.K.Singh. (1996). Quality attributes of processed tomato products: A review. *Food Reviews International*, 12(3), 375–401.
- Barba, F. J., Mariutti, L. R. B., Bragagnolo, N., Mercadante, A. Z., Barbosa-Cánovas, G. V., & Orlén, V. (2017). Bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 195–206.
- Barros, R. G. C., Andrade, J. K. S., Denadai, M., Nunes, M. L., & Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International*, 102(July), 84–92.
- Basuny, A. M., Gaafar, A. M., & Arafat, S. M. (2009). Tomato lycopene is a natural antioxidant and can alleviate hypercholesterolemia. *African Journal of Biotechnology*, 8(23), 6627–6633.
- Bayod, E., Willers, E. P., & Tornberg, E. (2008). Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. *LWT - Food Science and Technology*, 41(7), 1289–1300.
- Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P., Lim, T. Y., Lim, Y. Y., Yule, C. M., & Frazier, R. a. (2009). *Food Chemistry*. *Food Chemistry* (Vol. 114).
- Benton Jones, J. (2008). *Tomato Plant Culture In the Field, Greenhouse, and Home Garden*. In: Carver, G. W. 2 nd edition Chap. 1, Introduction. CRC Press. New York, 1 p

- Bento Jones, J. (2008). Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. In: Keiller, G. 2 nd edition Chap. 2, Plant characteristics and Physiology. CRC Press. New York, 74 and 75 p.
- Blas, C. de, & Wiseman, J. (2010). *Nutrition of the Rabbit. Fiber digestion* (2 nd).
- Borguini, R. G., & Ferraz Da Silva Torres, E. A. (2009). Tomatoes and Tomato Products as Dietary Sources of Antioxidants. *Food Reviews International*, 25(4), 313–325.
- Chauhan, K., Sharma, S., Agarwal, N., & Chauhan, B. (2011). Lycopene of tomato fame: Its role in health and disease. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 10(1), 99–115.
- Cosgrove, D. J. (2005). Growth of the plant cell wall. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 6(11), 850–861.
- Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., & Paredes-López, O. (2000). *Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains — Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 40).
- Denardin, C. C., & Silva, L. P. da. (2009). Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, 39(3), 945–954.
- DeVries, J. W. (2003). On defining dietary fibre. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 37–43.
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 255–266.
- Domingos Almeida. (2006). *Manual de Culturas Hortícolas – Volume II* (1st ed.). Editorial Presença - Lisboa.
- DRAPLVT – Direcção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo. (2016). Tomate para indústria.
- Dutta, D., Chaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2005). Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 4(13), 1510–1520.
- Eldahshan, O. A., Nasser, A., & Singab, B. (2013). Carotenoids. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8192(1).

FAOSTAT. (2017). Food and Agriculture Organization of United Nations Statistics Division. Retrieved June 19, 2017.

Fernando Nuez. (1995). *El Cultivo del Tomate*. Mundi-Prensa.

Ferrari, A. A. (2008). CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA
Caracterização química de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill .) empregando análise por ativação neutrônica instrumental Piracicaba

Fraser, P. D., & Bramley, P. M. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, 43(3), 228–265.

George, B., Kaur, C., Khurdiya, D. S., & Kapoor, H. C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84(1), 45–51.

Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2007). Analytical determination of antioxidants in tomato: Typical components of the Mediterranean diet. *Journal of Separation Science*, 30(4), 452–461.

Granado-Lorencio, F., Blanco-Navarro, I., Pérez-Sacristán, B., & Hernández-Álvarez, E. (2017). Biomarkers of carotenoid bioavailability. *Food Research International*, 99, 902–916.

Ha, M.-A., Jarvis, M. C., & Mann, J. I. (2000). A definition for dietary fibre. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(12), 861–864.

Ibérica, A. A. na E. (2017). Tag Archives: Tomate. Retrieved August 12, 2017, from <http://www.popularempresas-economiaiberica.pt/tag/tomate/>

INE. (2016). *Estatísticas agrícolas*. INE - Instituto Nacional de Estatística.

Irwandi Jaswir. (2011). Carotenoids: Sources, medicinal properties and their application in food and nutraceutical industry. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(33), 7119–7131.

J.M.Costa, & E.Heuvelink. (2005). Introduction: *the Tomato Crop and Industry* (1st ed.). CABI Publishing. UK. 2p.

Juszczak, L., Oczadły, Z., & Gałkowska, D. (2013). Effect of Modified Starches on Rheological Properties of Ketchup. *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), 1251–1260.

Kelebek, H., Selli, S., Kadiroğlu, P., Kola, O., Kesen, S., Uçar, B., & Çetiner, B. (2017). Bioactive compounds and antioxidant potential in tomato pastes as affected by hot and cold break process. *Food Chemistry*, 220, 31–41.

- Kiokias, S., Proestos, C., & Varzakas, T. (2016). A Review of the Structure, Biosynthesis, Absorption of Carotenoids-Analysis and Properties of their Common Natural Extracts. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 4(1), 25–37.
- Kong, K. W., Khoo, H. E., Prasad, K. N., Ismail, A., Tan, C. P., & Rajab, N. F. (2010). Revealing the power of the natural red pigment lycopene. *Molecules*, 15(2), 959–987.
- Liedl, B. E., Labate, J. A., Stommel, J. R., Slade, A., & Kole, C. (2013). *Genetics, Genomics and Breeding of Tomato*. (C. Press, Ed.).
- Liu, C., Liu, W., Chen, W., Yang, J., & Zheng, L. (2015). Feasibility in multispectral imaging for predicting the content of bioactive compounds in intact tomato fruit. *Food Chemistry*, 173, 482–488.
- Liu, L., Shao, Z., Zhang, M., & Wang, Q. (2015). Regulation of carotenoid metabolism in tomato. *Molecular Plant*, 8(1), 28–39.
- Madhava Reddy A *, David Banji , Otilia J F Banji , Kumar K, M. R. (2011). Lycopene And It ' S Importance In Treating Various Diseases In Humans. *International Research Journal of Pharmacy*, 2(8), 31–37.
- McDougall, G. J., Morrison, I. M., Stewart, D., & Hillman, J. R. (1996). Plant Cell Walls as Dietary Fibre: Range, Structure, Processing and Function. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(2), 133–150.
- Mercadante, A. Z., Rodrigues, D. B., Petry, F. C., & Mariutti, L. R. B. (2017). Carotenoid esters in foods - A review and practical directions on analysis and occurrence. *Food Research International*, 99, 830–850.
- Mert, B. (2012). Using high pressure microfluidization to improve physical properties and lycopene content of ketchup type products. *Journal of Food Engineering*, 109(3), 579–587.
- Mezzomo, N., & Ferreira, S. R. S. (2016). Carotenoids functionality, sources, and processing by supercritical technology: A review. *Journal of Chemistry*, 2016.
- Mutsokoti, L., Panozzo, A., Tongonya, J., Kebede, B. T., Van Loey, A., & Hendrickx, M. (2017). Carotenoid stability and lipid oxidation during storage of low-fat carrot and tomato based systems. *LWT - Food Science and Technology*, 80, 470–478.
- Omenn, G. S. (1998). Chemoprevention of Lung Cancer: The Rise and Demise of Beta-Carotene. *Annual Review of Public Health*, 19(92), 73–99.

- Oroian, M., & Escriche, I. (2015). Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, 74, 10–36.
- Pais, M.S., Barroso, J.M. (2005). A célula vegetal. In: *Biologia celular e molecular*, 4ª Ed. Coord. C. Azevedo, Lidel-Ed. Técnicas, Lisboa, 523-551.
- Palet, J. S. C. (2012). Alterações físico-químicas e microbiológicas num produto à base de tomate embalado em doypack, ao longo do tempo de prateleira, 80.
- Pereira, M. (2005). Purificação de uma endo- poligalacturonase, produzida por *Kluyveromyces marxianus*, utilizando sistemas de duas fases aquosas., 27–30.
- Pond, W. G., Church, D. B., Pond, K. R., & Schoknecht, P. A. (2005). *Basic animal nutrition and feeding* (5th ed.).
- Poonnakasem, N. (2011). Effect of Hydrocolloids on the Bread Staling. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 3(1), 12–20.
- Preedy, V. R. & Watson, R. R. (2008). Tomatoes and Tomato Products – Nutricional, Medicinal and Therapeutic Properties. In: Inbaraj, B. S. & Chen, B. H. *Carotenoids in tomato plants*. Science Publishers. United States of America, 134 p
- Rajchl, A., Voldřich, M., Čížková, H., Hronová, M., Ševčík, R., Dobiáš, J., Pivoňka, J., 2010. Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *J. Food Eng.* 99, 465-470.
- Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55(3), 207–216.
- Rivera, S. M., & Canela-Garayoa, R. (2012). Analytical tools for the analysis of carotenoids in diverse materials. *Journal of Chromatography A*, 1224, 1–10.
- Roca, M. (2009). Valorização do tomate nacional.
- Romain H. Raemaekers. (2001). *Crop Production in Tropical Africa*.
- Rubatzky, V. E., & Yamaguchi, M. (1999). *World Vegetables - Principles, Production and Nutritive Values* (2nd ed.). Aspen Publishers, Inc.
- Sandra Domingos. (2009). Valorização do tomate - Extração supercrítica de compostos bioactivos a partir de repiso de tomate, 3.

- Santos, G. G., Mattos, L. M., & Moretti, C. L. (2017). Quality and Occurrence of Mycotoxins in Tomato Products in the Brazilian Market. *Enzyme Engineering*, 6(1).
- Schieber, A., & Carle, R. (2005). Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications. *Trends in Food Science and Technology*, 16(9), 416–422.
- Seymour, G. B., Taylor, J. E., & Tucker, G. A. (1993). *Biochemistry of Fruit Ripening*.
- Shah, K., Singh, M., & Chandra Rai, A. (2015). Bioactive compounds of tomato fruits from transgenic plants tolerant to drought. *LWT - Food Science and Technology*, 61(2), 609–614.
- Shi, J. & Le Maguer, M. (2010). "Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical Properties Affected by Food Processing". In: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 40 (1): 1-42.
- Shi, J., Mazza, G., & Maguer, M. Le. (2002). *Functional Foods - Biochemical and Processing Aspects*. In Shi, J. M. M. & Bryan, M. Charp. 4, *Lycopene from Tomatoes*. CRC Press. New York: 136-160 p.
- Silva, B. (2017). Sugal. A única empresa no mundo com duas campanhas de tomate. Retrieved August 11, 2017, from <http://www.dn.pt/dinheiro/interior/sugal-a-unica-empresa-no-mundo-com-duas-campanhas-de-tomate-8732283.html>
- Sinha, N. K. (2011). *Handbook of Vegetables & Vegetable Processing*. (WILEY-BLACKWELL, Ed.).
- Spiller, G. A. (2001). *Dietary Fiber in Human Nutrition*. (C. Press, Ed.) (3 rd).
- Stajčić, S., Četković, G., Čanadanović-Brunet, J., Djilas, S., Mandić, A., & Četojević-Simin, D. (2015). Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. *Food Chemistry*, 172, 225–232.
- Strati, I. F., & Oreopoulou, V. (2014). Recovery and Isomerization of Carotenoids from Tomato Processing By-products. *Waste and Biomass Valorization*, 7(4), 843–850.
- Sugal. (2017). Sugal-Group. Retrieved August 12, 2017, from <http://www.sugal-group.com/pt/home/>
- sugal- group apresentação. (2016). Retrieved from <http://fundacaoaip.pt/wp-content/uploads/2016/06/apresentação-2.pdf>

Taiz, L. e Zeiger, E (2006). *Plant Physiology*. 4th edition. Sinauer Associates, Inc. 705 p.

Torbica, A., Belović, M., Mastilović, J., Kevrešan, Ž., Pestorić, M., Škrobot, D., & Dapčević Hadnadev, T. (2016). Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. *Food and Bioprocess Processing*, 98, 299–309.

Wen, P., Zong, M. H., Linhardt, R. J., Feng, K., & Wu, H. (2017). Electrospinning: A novel nano-encapsulation approach for bioactive compounds. *Trends in Food Science and Technology*, 70(May), 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.009>