



**Instituto Politécnico de Santarém**

**Escola Superior Agrária de Santarém**

**Avaliação do teor de ácido glutâmico em variedades de  
tomate indústria, no Vale do Tejo.**

**Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre  
em produção de plantas aromáticas e medicinais**

Ana Carla Duarte Mendes

Orientador

Doutor Artur José Guerra Amaral

Coorientadora

Doutora

Margarida A. P. Goulart de Medeiros

Dezembro 2014



**Instituto Politécnico de Santarém**

**Escola Superior Agrária de Santarém**

Avaliação do teor de ácido glutâmico em variedades de  
tomate indústria, no Vale do Tejo.

**Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre  
em produção de plantas medicinais e para fins industriais**

Ana Carla Duarte Mendes

Orientador

Doutor

Artur José Guerra Amaral

Coorientadora

Doutora

Margarida A. P. Goulart de Medeiros

Dezembro 2014

## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor Artur Amaral pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos e pelo incentivo sempre constante.

À Professora Doutora Margarida Goulart de Medeiros pela coorientação, pela sua sempre disponibilidade, boa vontade, ajuda e amizade.

À Professora Doutora Natália Gaspar, a título póstumo, primeira coordenadora do Mestrado “Produção de Plantas Medicinais e para Fins Industriais” ESAS 2009, pelo seu empenhamento, dedicação e competência na sua organização.

A todos os colegas deste curso, pela amizade demonstrada com especial relevância para o meu colega e amigo Agostinho Fernandes que sempre esteve disponível em todas as situações, pela companhia e ajuda nos trabalhos de laboratório.

À Engenheira Sofia Stilwell, bem como ao Engenheiro Alexandre Coelho da ITALAGRO por toda a ajuda no trabalho de campo e na aquisição de alguns materiais necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família pelo incentivo que sempre me deram e pela compreensão do tempo que não pude estar na sua companhia.

A todos, mesmo não referenciados, que de uma forma ou de outra possam ter contribuído, para que eu pudesse concluir mais uma etapa da minha vida

**MUITO OBRIGADA.**

## Resumo

O ácido glutâmico é um aminoácido essencial e um dos mais frequentes das proteínas e péptidos presentes na maioria dos produtos alimentares.

A ocorrência do glutamato é natural, mas há a hipótese de este ser adicionado como intensificador de sabor. Os alimentos que apresentam, naturalmente, teores elevados de ácido glutâmico, representam um valor acrescentado para a indústria alimentar. O desenvolvimento de variedades de tomate para indústria com maiores concentrações de glutamato constitui, deste modo, uma linha de estudo e de trabalho com grande impacto económico na região do Vale do Tejo, a maior zona produtora a nível nacional.

O principal objetivo deste estudo consiste na avaliação do teor de ácido glutâmico em 9 variedades de tomate de indústria, em diferentes períodos de maturação, nos solos de Aluvião do Vale do Tejo.

Foram instalados 2 campos experimentais: o Mouchão, no início Abril e o Aleixo, em final de Maio. Realizaram-se duas colheitas por campo com intervalo de uma semana, em Agosto e Setembro respetivamente.

As variedades que apresentaram maior teor de ácido glutâmico foram: Albatroz CXD-254 e La Malva, com 8,18 g/l, 9,08 g/l e 8,73 g/l respetivamente, na parcela do Mouchão na segunda colheita.

A maior quantidade de ácido glutâmico foi obtida, na maioria das variedades, na segunda colheita, quando completaram o seu ciclo cultural.

Palavras-chave:

*Ácido glutâmico; variedades; qualidade; tomate de indústria; produção; umami.*

## **Abstract**

Glutamate is an essential amino acid and one of the most common proteins and peptides present in most food products.

The occurrence of glutamate is natural, but there is the possibility of this being added as a flavor enhancer, and foods that naturally experiencing high levels of glutamic acid, may have added value to the entire food industry.

Being the Tejo Valley region's largest producer nationally of tomatoes for processing industry and knowing that the natural glutamate can add value to local produce is an important factor for industry and farmers.

The main objective of this study is to review the content of glutamic acid in 9 varieties of tomato industrial production at different stages of maturation in alluvial soils of the Tejo Valley.

2 fields were installed, the Mouchão in early April and the end of Aleixo on May 2 crops per field were made with an interval of one week in August and September respectively.

The varieties of higher content of glutamic acid were: Albatroz CXD - 254 and La Malva , with 8,18 g/l, 9,08 g/l and 8,73 g/l respectively , in the second installment of Mouchão harvest.

Virtually all varieties produced more glutamic acid at the second harvest, when completed their cultural cycle.

Keywords:

*Glutamic acid, varieties, quality, processing tomato, production, umami*



## Índice geral

Resumo .....	III
Abstract .....	IV
Índice de figuras .....	VIII
Índice de Quadros .....	IX
1 - Introdução .....	1
2 - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 – Glutamato no tomate.....	4
2.1.1 - Glutamato, definição e características .....	7
2.1.2 - Estrutura .....	10
2.1.3 – Biossíntese.....	10
2.1.4 - Função.....	12
2.1.5 - O glutamato é auto-limitante .....	15
2.1.6 – O Sabor do tomate.....	18
2.1.7 - Metabolismo do glutamato no corpo humano .....	19
2.1.8 – O Glutamato como um aditivo alimentar .....	20
2.1.9 - A avaliação da segurança e regulamentos aplicáveis ao glutamato ..	23
2.1.10 - Variedades de tomate ricas em glutamato.....	25
2.1.11 - <i>Umami</i> .....	25
2.1.11.1 – Alimentos ricos em <i>umami</i> .....	25
2.1.11.2 - Novas aplicações de substâncias umami .....	30
2.1.11.3 - Detecção de substâncias umami no trato digestivo.....	30
2.1.11.4 - Perspetivas futuras .....	33
2.2 – Caracterização do tomate .....	34
2.2.1 - Importância económica da cultura do tomate .....	35
2.2.2 – O licopeno no tomate .....	37
2.2.3 - Morfologia e Taxonomia .....	38

2.2.4 - Composição do tomate .....	40
3 – MATERIAL E MÉTODOS .....	43
3.1 – Localização dos campos experimentais.....	43
3.2 - Caracterização climática.....	45
3.3 - Caracterização de solo .....	45
3.4 – Plano de fertilização.....	47
3.5 - Parâmetros hídricos.....	49
3.6 - Caracterização das variedades.....	50
3.7 - Delineamento experimental .....	51
3.8 - Ensaio laboratorial .....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5. CONCLUSÕES .....	67
6 - Bibliografia .....	69

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> – Agradabilidade do sabor em função da % de MSG no caldo.....	16
Figura 2 – Agradabilidade do sabor em função da % de MSG no arroz frito. ....	16
Figura 3 - Agradabilidade do sabor em função da % de sal na sopa .....	17
Figura 4 - Agradabilidade do sabor em função da % de sal em ovos .....	17
Figura 5 - Percentagem de glutamato em função da maturação do tomate. ....	18
Figura 6 – Recetores gustativos .....	27
Figura 7 – Principais substâncias <i>umami</i> .....	28
Figura 8 - Principais alimentos que contêm umami.....	29
Figura 9 - Mecanismo dos sinais transmitidos no organismo .....	31
Figura 10 - Ressonância magnética funcional ao glutamato.....	31
Figura 11 – Presença do glutamato em animais.....	32
Figura 12 - Produção mundial de tomate em 2007. (Fonte: FAO 2009) .....	36
Figura 13 - Seção transversal de um tomate de 3 lóculos (multiloculado).....	39
Figura 14 – Vista lateral e transversal do fruto do tomate. ....	39
Figura 15 - Seção longitudinal de um tomate com 2 lóculos (bilocado) .....	40
<b>Figura 16</b> – Terras de Mouchão da Fonte Boa.....	44
Figura 17 – Localização dos campos experimentais em Valada, Cartaxo. ....	44
Figura 18 – Disposição das amostras.....	56
Figura 19 – Comparação entre colheitas na parcela 1 - teor de ác.glutâmico. ....	58
Figura 20 - Comparação entre colheitas na parcela 2 - teor de ác.glutâmico .....	59
Figura 21 - Comparação entre parcelas na colheita 1 - teor de ác.glutâmico.....	59
Figura 22 - Comparação entre parcelas na colheita 2 - teor de ác.glutâmico .....	60
<b>Figura 23</b> – Comparação das variedades em função da parcela e da colheita .....	61
Figura 24 – Ácido glutâmico (g/l) em função da colheita .....	63
Figura 25 – Ácido glutâmico (g/l) em função da colheita .....	65

## Índice de Quadros

Quadro 1 – Nomenclatura e estrutura química do glutamato .....	10
Quadro 2 – Biossíntese do glutamato .....	11
Quadro 3 – Variedades de tomate ricas em glutamato .....	25
Quadro 4 – Alimentos ricos em <i>umami</i> . .....	26
Quadro 5 - Quantidades e concentrações da composição do tomate.....	41
Quadro 6 – Localização das parcelas. Datas de plantação e colheita. ....	43
Quadro 7 – Análise de solo (P1 - Mouchão da Fonte Boa) .....	47
Quadro 8 – Análise de solo (P2 - Aleixo) .....	47
Quadro 9 – Plano fertilização parcela do Mouchão.....	48
Quadro 10 - Plano fertilização parcela do Aleixo.....	49
Quadro 11 – Características das variedades de tomate .....	51
Quadro 12 – Delineamento experimental.....	52
Quadro 13 – Concentração ác.glutâmico (variedade/parcela/colheita) em g/l.	57
Quadro 14 – Desvio padrão Concentração ác. glutâmico .....	57
Quadro 15 – Estatística descritiva.....	62
Quadro 16 – Teste amostra emparelhada.....	62
Quadro 17 – Correlação entre colheitas – Parcela 1.....	63
Quadro 18 – Estatística descritiva.....	64
Quadro 19 – Teste amostra emparelhada.....	64
Quadro 20 – Correlação entre colheita – Parcela 2 .....	65

## 1 - Introdução

O ácido glutâmico é um intensificador do sabor, sendo muito utilizado na alimentação. Atualmente há um interesse específico no estudo do glutamato existente no tomate, pois as quantidades que nele existem são bastante interessantes, comparativamente com outros alimentos. Algumas empresas têm um enorme interesse por este ácido e pretendem introduzi-lo como substituinte do sal na comida de crianças. Neste situação vai funcionar como intensificador de sabor e aromatizante, permitindo assim o menor uso do cloreto de sódio que, quando em excesso, trás graves problemas de saúde.

Já há alguns anos, os aditivos alimentares são usados como aromatizantes, na coloração de alimentos, no aumento da vida útil dos alimentos, bem como, na promoção da segurança alimentar (Rangan & Barceloux, 2009).

A função aromatizante do glutamato é importante em termos nutricionais para o grupo dos alimentos que são menos saborosos, permitindo assim que estes também sejam consumidos (Lölinger, 2000).

A ocorrência do glutamato surge dum modo natural sob a forma de ácido L-glutâmico, descoberto pela primeira vez em 1866 por Karl Ritthausen, um cientista alemão, que o isolou a partir do hidrolisado ácido de glúten de trigo (Ritthausen, 1913). Foram descobertos sais de ácido glutâmico em 1908, quando o professor Kikunae Ikeda, um cientista japonês identificou o sabor de umami como sendo único devido ao ácido glutâmico, ele identificou o umami como o quinto gosto básico depois de doce, azedo, salgado e amargo na língua. Kinoshita, em 1957, explorou uma estirpe de bactérias *Micrococcus glutamicus* (mais tarde alterado para *Corynebacterium glutamicus*) que poderia

produzir e acumular grandes quantidades de ácido L-glutâmico (Kinoshita, Udaka, e Shimeno, 1957).

O sabor umami ajuda a melhorar o sabor dos alimentos, dando sabores carnosos e salgados. O mais bem estudado intensificador de sabor é o glutamato monossódico, o sal de sódio do ácido glutâmico. O glutamato é frequentemente utilizado como potenciador de sabor nos alimentos, melhorando o sabor dos salgados transmitidos por meio do ácido glutâmico, que ocorre naturalmente em alimentos proteicos por exemplo carnes, mariscos, guisados, sopas, molhos (Rangan & Barceloux, 2009). Não existe uma definição precisa para os gostos básicos; no entanto, eles são definidos por estímulos prototípicos. Os quatro sabores básicos tradicionais são: o doce, o azedo, o salgado e o amargo; o quinto sabor aceite é o *umami*.

Existem vários estudos sobre o gosto umami e o glutamato e sua relação com: a palatabilidade e sabor dos alimentos (Barylko-Pikielna e Kostyra, 2007; Bellisle, 1999; Bellisle, 2008; Fuke e Shimizu, 1993; Gould et al., 2008 e Yeomans et al., 2008); considerações nutricionais (Bellisle, 1999); a presença nos géneros alimentícios (Daniels et al., 1995; Khairunnisak et al., 2009; Mau, 2005; Nicholas e Jones, 1991; Populin et al., 2007 e Skurray e Pucar, 1988); a sua ação sensorial na cavidade bucal e no intestino (Burrin et al., 2008 e Kurihara e Kashiwayanagi, 2000); o papel fisiológico da digestão dos alimentos (Uneyama, Gabriel, Kawai, Tomoe, e Torii, 2008); a segurança alimentar ([Mallick, 2007; Simon, 2000 e Walker e Lupien, 2000), e os seus efeitos adversos (Diniz et al., 2005; Freeman, 2006 e Ortiz et al., 2006).

Com este trabalho pretendeu-se avaliar os teores de ácido glutâmico em variedades de tomate de indústria, em dois campos de aluvião do Tejo em duas fases de maturação diferentes.

O presente trabalho está dividido da seguinte forma: a primeira parte identifica a apresentação do tema, a introdução do estudo e principais objetivos; a segunda parte contextualiza as principais teorias e definições sobre o glutamato, incluindo a sua estrutura, função, biossíntese; na terceira parte apresenta-se a morfologia e estrutura do fruto do tomate e mecanismos de síntese; a quarta parte representa os materiais e métodos, os quais constituem a base de estudo do presente trabalho, incluindo o estudo de campo efetuado; a quinta parte destina-se á apresentação e discussão dos resultados obtidos no decorrer deste estudo; termina-se com a conclusão e perspetivas futuras.

## 2 - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Glutamato no tomate

Os primeiros registos relativos ao tomate apontam para a sua chegada em Sevilha, na Espanha, no século XVI, que era um dos principais centros de irradiação comercial para toda a Europa, principalmente Itália e Países Baixos. Os italianos logo chamaram os primeiros frutos de *pomo d'oro* (*pomo* de ouro). A literatura culinária espanhola antiga (1599 - 1611) não regista o uso do tomate. Na Itália, Antonio Latine escreveu, entre 1692 e 1694, o livro de cozinha napolitana "*Lo Scalco alla Moderna*", em que uma das suas receitas recomendava levar ao fogo pedaços de tomate, sem pele ou sementes, temperando com salsa, cebola e alho picados, salpicados com sal e pimenta, acrescidos de azeite e vinagre, para obter um molho de tomate "de estilo espanhol". Em 1745, o livro do espanhol Juan Altamiras descrevia duzentas receitas, dentre as quais treze tinham tomate em seus ingredientes. Já na Inglaterra, a partir de 1750, surgem evidências do seu uso pelas famílias judias, que já o consumiam, muito embora permanecesse suspeito aos restantes cidadãos até ao século XIX. Somente no século XIX é que o tomate passou a ser consumido e cultivado em escala cada vez maior, inicialmente na Itália, depois na França e na Espanha, ganhando popularidade depois que os povos do sul da Europa declinaram sobre aquela suspeita, tornando-o um dos principais ingredientes da culinária mediterrânea. *Alla bolognese*, à espanhola, à mexicana, à la marsehesa, *alla napolitana*, *alla parmigiana*, *à la orientale*, *à la niçoise*, à portuguesa e *à la provençale* são apenas algumas das infinitas receitas que adotaram o tomate como ingrediente.

No início do século XX, o Professor Kikunae Ikeda da Universidade Imperial de Tóquio, estava a refletir sobre o sabor dos alimentos: *"Existe um sabor que é comum aos aspargos, aos tomates, ao queijo e a carne, mas que se diferencia dos quatro sabores bem conhecidos: doce, azedo, amargo e salgado"*.

Foi em 1907 que o Professor Ikeda iniciou as suas experiências para identificar qual era a origem deste sabor distinto. Ele sabia que estava presente no "caldo" feito a partir de kombu (um tipo de alga marinha) encontrado na culinária tradicional japonesa. A partir de uma grande quantidade de caldo de kombu, conseguiu extrair cristais de ácido glutâmico (glutamato). O glutamato é um aminoácido não essencial e uma das unidades constituintes das proteínas. O Professor Ikeda verificou que o glutamato tem um sabor distinto, diferente do doce, azedo, amargo e salgado, e denominou este sabor de "umami". Cem gramas (100g) de kombu seco contêm, aproximadamente, um grama (1g) de glutamato.

O Professor Ikeda resolveu desenvolver um tempero usando o recém-isolado glutamato. Para ser usado como tempero, o glutamato deveria ter algumas das características físicas que são encontradas, por exemplo, no açúcar e no sal: ele deveria ser facilmente solúvel em água, no entanto, sem absorver humidade ou solidificar. O Professor Ikeda verificou que o glutamato monossódico possuía boas propriedades de conservação e um saboroso ou forte sabor umami. Mostrou ser, portanto, um tempero ideal. Devido o glutamato monossódico não ter odor ou textura específica própria, ele pode ser usado em muitos e variados pratos onde realça naturalmente o sabor original dos alimentos.

As qualidades organoléticas são características de qualidade, envolvendo aspetos como o sabor, textura, aroma. O sabor é percebido através de uma combinação de odor, sabor e sensação da boca, dependendo fortemente do equilíbrio entre açúcares, ácidos orgânicos, compostos voláteis e aminoácidos livres (Pero-Turza, 1986).

O glutamato é um dos ácidos aminados mais comuns encontrados na natureza, está presente em muitas proteínas, péptidos e nos tecidos. É um importante componente do sabor do queijo, dos frutos do mar, dos caldos de carne e de outros alimentos (Ninomiya, 1998).

Konosu, Hayashi e Yamaguchi (1987) demonstraram que os gostos característicos de determinados alimentos naturais são reproduzidos por mistura de aminoácidos, substâncias de sabor umami. Neste contexto, o sabor umami está contido em vários alimentos, incluindo produtos hortícolas, nomeadamente, os cogumelos, o tomate, a batata, a couve, a soja e o chá verde. O glutamato é adicionado aos alimentos, proporcionando uma função semelhante ao aromatizante natural. Assim, é utilizado para realçar os sabores naturais das carnes, das aves, dos frutos do mar, petiscos, e sopas. Os aditivos semelhantes são classificados como intensificadores de sabor, como os sais de glutamato, nomeadamente, o glutamato monossódico, monoamónio glutamato, monopotásium glutamato e ribonucleótidos (Populin et al, 2007).

A concentração de glutamato em alimentos prevista é de 0,1 a 0,8% do peso (Beyreuther et al., 2007). Contudo, associado a outros aditivos alimentares, o glutamato e os seus sais de sódio, potássio, cálcio, magnésio, não são permitidos pela União Europeia em alguns alimentos, como é o caso do leite,.

### **2.1.1 - Glutamato, definição e características**

O glutamato está presente em alimentos, não somente como realçador de sabor mas, igualmente, como subproduto de proteínas vegetais hidrolisadas (PVH), e são utilizadas, amplamente, como condimentos e aromatizantes em alimentos enlatados, misturas secas, molhos e outros produtos manufaturados (Bellisle, 1999).

O glutamato é frequentemente, adicionado a alimentos que são processados durante a preparação, especialmente, na cozinha asiática (He *et al.*, 2008).

Yamaguchi & Kimizuki (1979), realizaram um estudo psicométrico sobre o sabor do glutamato monossódico. Os autores concluíram que o glutamato adicionado não tem efeito sobre o aroma do alimento.

As propriedades de sabor do glutamato têm sido cientificamente investigadas (Baryłko-Pikielna & Kostyra, 2007; Bellisle, 1999; Bellisle, 2008; Fuke & Shimizu, 1993; Gould *et al.*, 2008; Yeomans *et al.*, 2008). Em alguns alimentos doces, e amargos, as suas qualidades organolépticas não são melhoradas pela adição do glutamato (Heyer, Taylor-Burds, Mitzelfelt, Delay *e.*, 2004). A concentração ótima de sabor umami varia de forma ampla, entre os consumidores individuais. Os resultados de muitas investigações demonstram claramente, que a maioria das pessoas é sensível ao seu sabor (Yeomans *et al.*, 2008). Os estudos realizados entre os Europeus, sugerem que as concentrações ótimas estão compreendidas entre 0.6 e 1.2%, sendo mais elevadas do que entre os asiáticos (Bellisle, 2008).

De uma forma geral, o glutamato funciona bem com os alimentos salgados, a quantidade ótima do glutamato adicionado para melhorar o sabor dos alimentos é menos do que 0,1 e 0,8% por peso. A adição do glutamato pode reduzir a

quantidade de cloreto de sódio adicionado, trazendo assim, melhor sabor natural aos alimentos (Yamaguchi & Takahashi, 1984).

O glutamato dissódico e o 50-monoisinate (IMP) são dois aminoácidos que têm sido investigados, como estimuladores orais do apetite e do metabolismo. O estudo de Lenjeune e Smeets (2007) demonstrou que a adição de glutamato IMP a uma proteína de alta dieta, apresenta um efeito significativo sobre a vontade de comer, e nenhum efeito sobre a energia do metabolismo. Assim, a adição do glutamato aos alimentos aumenta a qualidade do umami e o sabor (Prescott, 2004).

Gould et al. (2008) realizaram um estudo de investigação sobre os novos sabores salgados com glutamato e concluíram que o sabor de certos alimentos como a sopa, aumentou.

O corpo humano metaboliza o glutamato adicionado, da mesma forma que metaboliza o glutamato existente naturalmente nos alimentos; deste modo, o organismo não tem a capacidade de distinguir as origens do glutamato (Daniels et al, 1995; FASEB, 1995).

O glutamato ingerido a partir de alimentos é importante para o funcionamento normal do aparelho digestivo (Reeds, Burrin, Stoll, & Jahoor, 2000).

Palhetas et al. (2000) referem que o glutamato é o substrato oxidativo mais importante para a mucosa intestinal e é, igualmente, um precursor específico para os aminoácidos arginina e prolina, assim como para o tripéptido glutatona. Neste contexto, a glutatona desempenha um papel importante na proteção da mucosa de toxinas nutricionais.

O L-Glutamato tem efeitos múltiplos no trato gastrointestinal. Zolotarev, *et al*; (2009) salientaram a importância da aplicação do glutamato intragástrico, que desempenha um papel fundamental na fase da digestão gástrica.

Alguns estudos salientaram a utilidade do glutamato em promover uma melhor nutrição nos idosos e, igualmente, em pacientes com má nutrição (Schiffman, 1998; Tomoe *et al*, 2008; Yamamoto, Tomoe, Toyama, Kawai, e Uneyama, 2009). O glutamato tem importantes efeitos no volume salivar e na secreção de Imunoglobulina A salivar (IgA-s).

O glutamato representa um fator essencial na dieta, embora estudos mais recentes referem que o seu nível na dieta, pode afetar de certa forma, a oxidação de alguns aminoácidos essenciais, como a leucina. Burrin & Stoll, 2009 referem que o glutamato é transportado para a vesícula sináptica por um transportador vesicular de glutamato e, subsequentemente, libertado por exocitose. Nos astrócitos, o glutamato é obtido a partir do fluido extracelular e convertido a glutamina, que é libertada para o fluido extracelular.

Uneyama, Nijima, Gabrei, e Torii (2006) referem que entre os 20 aminoácidos, somente o glutamato pode induzir as reações aferentes e, deste modo, influenciar a digestão e absorção do metabolismo após a absorção de nutrientes através da estimulação no cérebro, por meio de sensores de glutamato (Uneyama *et al.*, 2006).

Segundo Uneyama *et al.* (2008) o glutamato facilita a preparação, digestão e absorção de nutrientes sobre a língua através de recetores de sabor no cérebro. Estudos científicos demonstraram que o glutamato representa um importante combustível oxidativo para o intestino e, como resultado, é

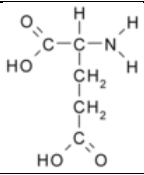
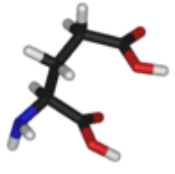
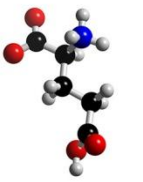
extensivamente metabolizado na primeira passagem do intestino (Burrin & Stoll, 2009).

### 2.1.2 - Estrutura

O ácido glutâmico ou glutamato é um dos aminoácidos codificados pelo código genético, sendo portanto um dos componentes das proteínas dos seres vivos.

É um aminoácido não essencial apresentando carácter químico ácido.

**Quadro 1 – Nomenclatura e estrutura química do glutamato**

Nomenclatura		Estrutura	
Símbolo	Glu ou E	Linear	
Nome químico	Ácido 2-aminoglutárico	Tridimensional	
Classificação	Aminoácido polar	Molecular	

### 2.1.3 – Biossíntese

O glutamato é um aminoácido importante no metabolismo humano. É o produto da transaminação do  $\alpha$ -cetoglutarato participando então na produção de metabolitos como o piruvato ou o oxaloacetato, que participam em vias metabólicas como a gluconeogénese, a glicólise ou o ciclo dos ácidos tricarboxílicos:

- alanina +  $\alpha$ -cetogluturato  $\rightleftharpoons$  piruvato + glutamato
- aspartato +  $\alpha$ -cetogluturato  $\rightleftharpoons$  oxaloacetato + glutamato
- O glutamato sofre desaminação a  $\alpha$ -cetogluturato e amónia através da seguinte reação, catalisada pelo glutamato desidrogenase:
- Glutamato + água + NAD<sup>+</sup>  $\rightarrow$   $\alpha$ -cetogluturato + NADH + amónia + H<sup>+</sup>

A amónia é excretada sob a forma de ureia (em humanos), que é sintetizada no fígado. O excesso de azoto no organismo pode ser então excretado através da ligação entre reações de transaminação e desaminação: aminoácidos são transformados em  $\alpha$ -cetoácidos enquanto o grupo amina é transferido para o  $\alpha$ -cetogluturato, formando glutamato; este sofre então a desaminação que origina a amónia e depois a ureia.

#### Quadro 2 – Biossíntese do glutamato

Reação	Enzimas
Glutamina + H <sub>2</sub> O $\rightarrow$ Glu + NH <sub>3</sub>	GLS, GLS2
Ácido N-acetilglutámico + H <sub>2</sub> O $\rightarrow$ Glu + Acetato	
$\alpha$ -cetogluturato + NADPH + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> $\rightarrow$ Glu + NADP <sup>+</sup> + H <sub>2</sub> O	GLUD1, GLUD2
$\alpha$ -cetogluturato + $\alpha$ -aminoácido $\rightarrow$ Glu + $\alpha$ -oxoácido	transaminase
1-pirrolina-5-carboxilato + NAD <sup>+</sup> + H <sub>2</sub> O $\rightarrow$ Glu + NADH	ALDH4A1
N-formimino-L-glutamato + ácido fólico $\rightarrow$ Glu + Ácido 5-formino-fólico	FTCD

#### 2.1.4 - Função

O glutamato é um neurotransmissor excitatório do sistema nervoso, o mais comum em mamíferos. É armazenado em vesículas nas sinapses. O impulso nervoso causa a libertação de glutamato no neurónio pré-sináptico; na célula pós-sináptica, existem recetores (como os recetores NMDA) que ligam o glutamato e se ativam. Pensa-se que o glutamato esteja envolvido em funções cognitivas no cérebro, como a aprendizagem e a memória.

As membranas de neurónios e da glia possuem transportadores de glutamato que retiram rapidamente este aminoácido do espaço extracelular. Em situações de patologia cerebral (danos ou doenças), os transportadores podem funcionar de forma reversa e causar a acumulação de glutamato no espaço extracelular. Esta reversão provoca a entrada de iões cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) nas células, através de recetores NMDA, levando a danos neuronais e eventualmente morte celular (apoptose). Este processo é conhecido como excitotoxicidade. A apoptose é causada por fatores como danos em mitocôndrias devido ao excesso de  $\text{Ca}^{2+}$  e promoção de fatores de transcrição de genes pró-apoptóticos (ou repressão de fatores de transcrição de genes antiapoptóticos) mediada pelo glutamato e pelo  $\text{Ca}^{2+}$ .

A excitotoxicidade devida à acumulação de glutamato ocorre em episódios de isquemia cerebral e apoplexia e está associada a doenças como esclerose lateral amiotrófica, latirismo e doença de Alzheimer.

O glutamato é precursor na síntese de GABA em neurónios produtores de GABA.

O Glutamato Monossódico (MSG) é o sal sódico do ácido glutâmico um aminoácido presente em todas as proteínas animais e vegetais.

Muito utilizado na indústria alimentícia, o MSG cria um sabor suave, rico e encorpado e pode ser adicionado em carnes, peixes, frangos, vegetais e frutos do mar, sendo que em muitos países é usado como tempero de mesa. Ainda, em certos alimentos, o MSG pode ajudar a reduzir o conteúdo de sódio sem comprometer o gosto. O MSG contém apenas um terço da quantidade de sódio em comparação ao sal de cozinha.

De modo semelhante ao vinagre, molho de soja e iogurte, o MSG é produzido através de processos fermentativos de matérias-primas de origem natural como são o melaço da cana-de-açúcar, açúcar de beterraba ou do amido obtido da tapioca ou de cereais.

O glutamato naturalmente encontrado em alimentos e o glutamato derivado do MSG são idênticos e são absorvidos e metabolizados da mesma maneira pelo corpo humano. Por exemplo, não existe diferença entre o glutamato livre encontrado naturalmente nos cogumelos, queijos e tomates e o glutamato livre proveniente do MSG, de proteínas hidrolisadas ou do molho de soja produzidos industrialmente. Além disso, o glutamato é encontrado em abundância no leite materno humano, em níveis dez vezes superiores aos encontrados no leite de vaca. Como resultado, a criança em fase de amamentação consome grande quantidade de glutamato, por quilo corpóreo, mais do que em qualquer outra fase de toda sua vida.

Pesquisas recentes demonstram que o MSG estimula recetores específicos da língua produzindo um gosto essencial que se conhece com o nome de *umami* que, em japonês significa saboroso ou delicioso. Devido ao fato do MSG ser usado amplamente como ingrediente alimentício, grande número de pesquisas têm sido realizadas sobre sua inocuidade e eficácia. Essas pesquisas,

realizadas e avaliadas por cientistas e agências de regulamentação de todo o mundo, juntamente com a sua longa tradição de uso, claramente evidenciam que o MSG é de uso seguro. Entretanto, na década de 60, foi postulado que o MSG presente em alimentos servidos em restaurantes chineses seria o responsável pela indução de uma série de sintomas desagradáveis, os quais foram denominados “Síndrome do Restaurante Chinês”. Esses sintomas incluem dor de cabeça (cefaleia), ondas de calor, vermelhidão facial, formigamento e rigidez na parte posterior do pescoço, opressão torácica, moléstias gástrica como náuseas e vômitos, taquicardia e alterações de humor. Este tema foi divulgado pela revista “New England Journal of Medicine”. Porém, pesquisas científicas realizadas, posteriormente, não confirmaram a relação entre o consumo de alimentos contendo MSG e a “Síndrome do Restaurante Chinês”. Assim, atualmente, associar a “Síndrome do Restaurante Chinês” ao consumo de alimentos contendo MSG é considerado incorreto e ultrapassado. Da mesma forma, esporadicamente tem surgido especulações sobre a relação entre a ingestão de MSG e doenças degenerativas cerebrais tais como Alzheimer, Isquemia e Parkinson. Também tem sido sugerido que o MSG é responsável por uma série de condições de saúde como hiperatividade em crianças, obesidade, reações alérgicas, asma, câncer e enxaqueca. Entretanto não existem evidências científicas que comprovem que tais doenças tenham sido causadas pelo MSG.

O *Codex Alimentarius*, organização internacional que tem por objetivo proteger a saúde dos consumidores e assegurar a aplicação de práticas equitativas no comércio de alimentos, e o JECFA (Comitê Conjunto FAO/OMS de Peritos em Aditivos Alimentares e Contaminantes), os quais são utilizados em muitos

países como referência para o estabelecimento da legislação nacional sobre alimentos, reconhecem que o MSG, como aditivo alimentar, é de uso seguro em alimentos. Ou seja, os consumidores de todo o mundo podem consumir diariamente alimentos contendo MSG como aditivo alimentar, com total segurança e sem riscos à sua saúde.

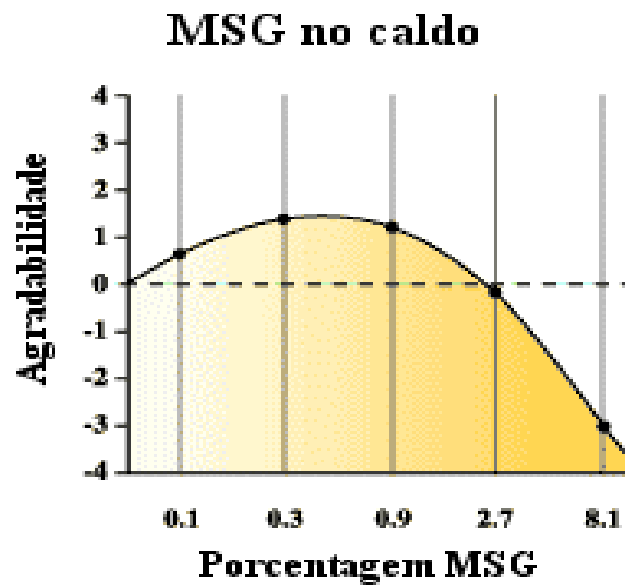
Nos Estados Unidos, o FDA (Food and Drug Administration), órgão responsável pela regulamentação de alimentos naquele país, classifica o MSG como um ingrediente de alimentos seguro, de forma semelhante ao sal, o açúcar, o fermento e o vinagre. Ou seja, considera o MSG como uma substância de uso seguro em alimentos.

No Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), classifica o realçador de sabor glutamato monossódico como um produto BPF (quantum satis), ou seja, com limite máximo de uso baseado na quantidade suficiente para se obter o efeito desejado no alimento, o que é estabelecido unicamente para aditivos alimentares considerados de uso seguro.

### **2.1.5 - O glutamato é auto limitante**

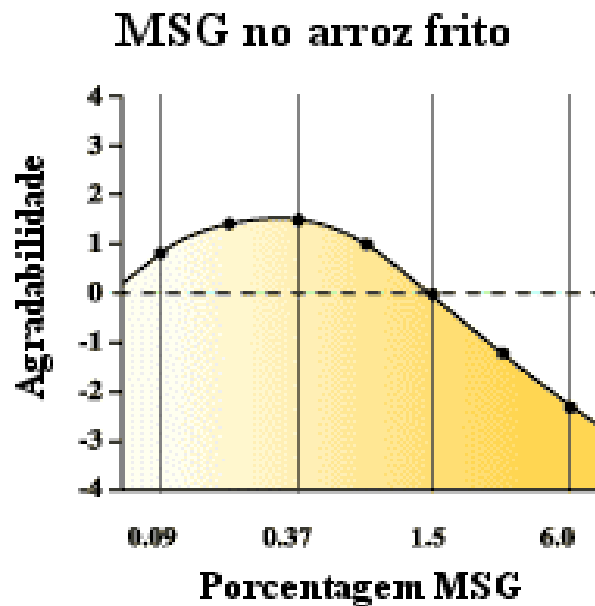
A quantidade de glutamato usado nos alimentos situa-se geralmente na faixa de 0,1 a 0,8% do alimento pronto para o consumo. Este nível é similar ao glutamato naturalmente presente em pratos tradicionais. O sabor do MSG é auto limitante. Isto significa que uma vez que uma quantidade apropriada for incluída em uma receita, uma quantidade adicional irá contribuir pouco ao sabor do alimento, se é que contribui com algo. De fato, adicionar uma quantidade excessiva do MSG pode prejudicar o sabor. As **Figuras 1 e 2**

mostram que o teor ótimo de MSG em caldo e arroz frito é de 0,3% e 0,37%, respectivamente.



**Figura 1** – Agradabilidade do sabor em função da % de MSG no caldo.

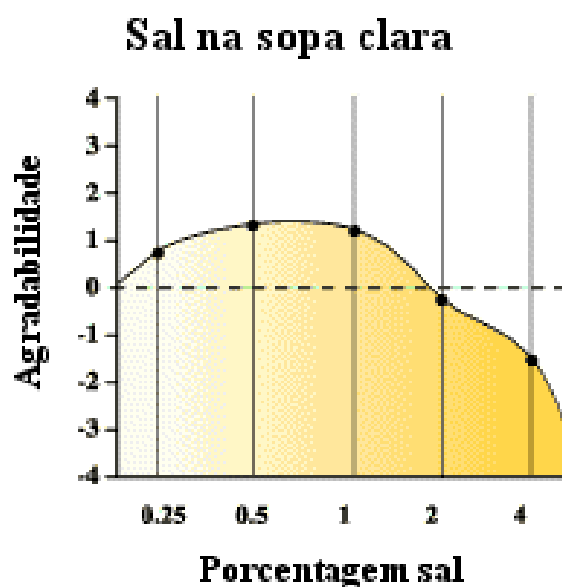
(Fonte: [http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato\\_e\\_sabor.php](http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato_e_sabor.php))



**Figura 2** – Agradabilidade do sabor em função da % de MSG no arroz frito.

(Fonte: [http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato\\_e\\_sabor.php](http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato_e_sabor.php)) (consultado em 2013-03-03)

O MSG, assim como o sal, é auto-limitante (**Figuras 3 e 4**).



**Figura 3** - Agradabilidade do sabor em função da % de sal na sopa clara.

(Fonte: [http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato\\_e\\_sabor.php](http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato_e_sabor.php)) (consultado em 2013-03-03)

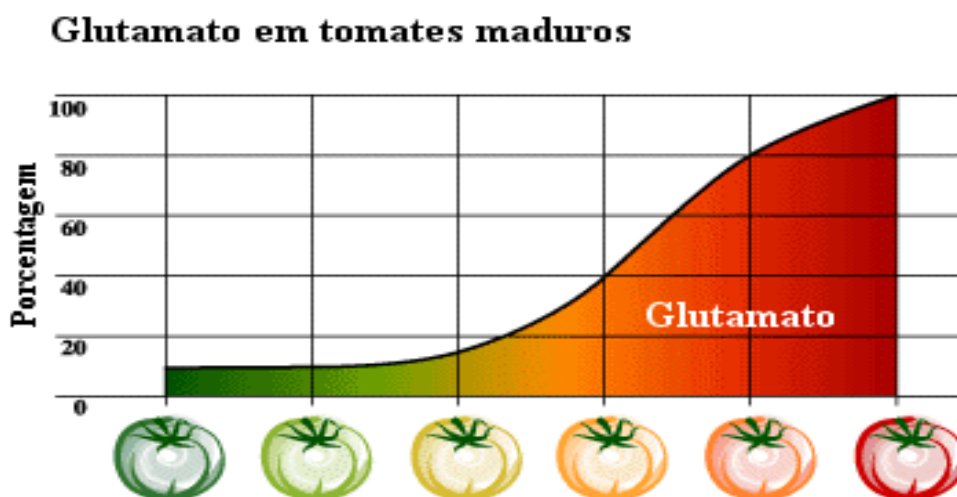


**Figura 4** - Agradabilidade do sabor em função da % de sal em ovos mexidos.

(Fonte: [http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato\\_e\\_sabor.php](http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato_e_sabor.php)) (consultado em 2013-03-03)

### 2.1.6 – O Sabor do tomate

Quase ninguém pode identificar o sabor umami nos tomates, mas o umami é um dos muitos componentes importantes. Quando combinado com doce e azedo, o umami fornece aos tomates o seu delicioso sabor. Durante a maturação do tomate, o teor natural de glutamato aumenta e o tomate torna-se mais saboroso. Similarmente, quando o queijo sofre maturação, ocorre um aumento significativo de glutamato que contribui para o seu sabor; o sabor tipo *bouillon* é um componente indispensável do queijo Emental. Do mesmo modo, ocorre um aumento significativo no teor de glutamato durante o processo de cura do presunto.



**Figura 5** - Percentagem de glutamato em função da maturação do tomate.

(Fonte: [http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato\\_e\\_sabor.php](http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato_e_sabor.php)) (consultado em 2013-03-03)

O nível de glutamato em frutos de tomate aumenta durante o processo de maturação (**Figura 5**); os valores máximos de glutamato são obtidos na fase máxima de maturação.

### 2.1.7 - Metabolismo do glutamato no corpo humano

O Glutamato e o dissódico 5'-monoisinate (IMP) são os dois aminoácidos que têm recebido atenção como estimuladores orais de apetite e do metabolismo. Estudos realizados por Lenjeune e Smeets (2007) mostraram que a adição de glutamato e IMP para uma dieta rica em proteína tem um efeito significativo sobre o desejo de comer e nenhum efeito sobre o metabolismo da energia. Adicionando aos alimentos glutamato aumenta a sua qualidade, sabor umami, a sua aceitabilidade e seu consumo (Prescott, 2004).

O corpo não faz distinção entre o glutamato a partir de alimentos como tomate, ou glutamato adicionado a um molho de tomate. De fato, pesquisas mostraram que o glutamato a partir de alimentos ou glutamato é importante para o funcionamento normal do trato digestivo e digestão (Burrin, Stoll & Jahoor, 2000). A cinética de absorção é influenciada pelo tempo de retenção no estômago e da matriz circundante no intestino (Beyreuther *et al.*, 2007). Estudos de Reeds *et al.* (2000) também mostraram que o glutamato é o substrato mais importante oxidativo para a mucosa intestinal. Além disso, o glutamato parece ser um precursor específico para os aminoácidos de arginina e prolina, bem como para a glutatona tripeptídica segregada pela mucosa do intestino delgado (Beyreuther *et al.*, 2007).

O Glutamato absorvido pelas células pode ser utilizado para fins metabólicos (síntese de proteínas, metabolismo de energia, fixação de amoníaco) ou ser reutilizada como transmissor.

O L-glutamato tem efeitos multiplicidade no trato gastrointestinal. Zolotarev, *et al.* (2009) relataram que a aplicação de glutamato intragástrico com nutrientes

melhora a secreção gástrica, e desempenha um papel importante na digestão de fase gástrica. O glutamato induz a secreção de muco no duodeno para proteger parede intestinal contra o ataque de ácido gástrico (Akiba, *et al*, 2009). A administração intragástrica de glutamato ativa o núcleo do cérebro relacionado com o apetite, a termorregulação, a memória e função intestinal via aferente (Tsurugizawa *et al.*, 2009). Em evidências clínicas, Zai *et al.* (2008) relataram que a adição de glutamato á dieta rica em proteínas, acelerou o esvaziamento gástrico e alivia a sensação de estômago pesado. Além disso, vários estudos relatam a utilidade potencial de glutamato para promover uma melhor nutrição nos idosos e em pacientes com má nutrição (Schiffman, 1998; Tomoe *et al.*, 2008 e Yamamoto *et al.*, 2009).

sensores de glutamato gástricas (Uneyama *et al.*, 2008). Estudos mostraram também que o glutamato é um combustível oxidativo principal para o intestino e, portanto, o glutamato da dieta é extensivamente metabolizada em primeira passagem pelo intestino. É também um precursor importante para moléculas bioativas, incluindo a glutathione, e funciona como um neurotransmissor chave. A principal função do glutamato como um combustível oxidativo é o seu potencial terapêutico para melhorar a função do intestino infantil, que exibe uma elevada taxa de renovação celular epitelial (Burrin e Stoll, 2009).

#### **2.1.8 – O Glutamato como um aditivo alimentar**

Embora o glutamato ocorra naturalmente em muitos alimentos, é frequentemente adicionado como um realçador de sabor. Os alimentos que contêm grandes quantidades de glutamato livre, tais como tomates, cogumelos

e queijo são tradicionalmente usados para obter pratos salgados (Giacometti, 1979 e Yamaguchi e Ninomiya, 2000). Quando o glutamato é adicionado aos alimentos, oferece uma função aromatizante semelhante ao glutamato natural (Yamaguchi & Ninomiya, 2000). Apenas a forma livre de glutamato, nas suas configuração L, apresenta propriedades que reforçam o sabor e por esse motivo, é amplamente usado como um intensificador de sabor na indústria de alimentos ([Bellisle, 1999] e [Populin *et al.*, 2007] ).

O (*codex alimentarium*, 2009) classifica o glutamato e os seus sais, glutamato monossódico, o glutamato monopotássico, diglutamato cálcio, glutamato e monoamónio diglutamato de magnésio, como intensificador de sabor.

A adição de glutamato aos alimentos deve ser na ordem dos 0,1-0,8% do seu peso, que é semelhante à concentração de glutamato livre em tomates ou no queijo parmesão (Beyreuther *et al.*, 2007). No entanto, juntamente com outros aditivos alimentares, o glutamato (E620) e seus sais de sódio (E621), o potássio (E622), o cálcio (E623), a amónio (E624) e o magnésio (E625) de sal não são permitidos como aditivos do leite, emulsionados gordura e óleo, massas, cacau, chocolate e sumo de frutas por parte da União Europeia (UE).

O sabor e propriedades do glutamato foram cientificamente investigado em muitos contextos ([Barylko-Pikielna e Kostyra, 2007], [Bellisle, 1999], [Bellisle, 2008], [Fuke e Shimizu, 1993], [Gould *et al.*, 2008] e [Yeomans *et al.*, 2008]). Para cada alimento, existe uma concentração ótima de glutamato. Alguns alimentos, no entanto, não são melhorados pela adição de glutamato, ou seja, os alimentos doces, em particular, e talvez alguns alimentos, particularmente amargos (Heyer, *et al.*, 2004). Quanto à doçura e sabor, a concentração ideal

de sabor umami varia muito entre os consumidores individuais (Yeomans *et al.*, 2008).

A proteína da carne contém 11-22% de glutamato, enquanto a proteína vegetal mostra 40% (IFT, 1987).

A adição de glutamato realça melhor os sabores naturais dos alimentos, podendo reduzir o teor de sódio e baixo teor de gordura e pode reduzir o total de sódio em 30-40%, sem influenciar a palatabilidade (Yamaguchi & Takahashi, 1984).

Nas sociedades Ocidentais, há uma tendência geral para um aumento do consumo de alimentos aromatizados, teoricamente, esta mudança de comportamento pode levar a um aumento ingestão de glutamato, que é usado nestes produtos como intensificador de sabor.

Com base no estudo sobre o conteúdo de glutamato medido adicionado em produtos alimentares obtidos a partir do supermercado, a dose diária de glutamato no Reino Unido, foi cerca de 12 mg / kg / dia para a população inteira (Rhodes *et al.*, 1991). Isto é comparável ao dos EUA, que estima de cerca de 0,55 g / dia do consumidor médio (NAS, 1979). Na Ásia, especialmente no Japão e na Coreia, o glutamato e sais de glutamato são usados de forma mais intensa do que na Europa. Nestes países a ingestão de glutamato adicionada é estimado para 1,2-1,7 g / dia (Biesalski *et al.*, 1997). Um estudo recente na Malásia apresentou menor teor de ácido glutâmico, em alimentos processados e pratos preparados, 0,24-8,16 mg/g. No entanto, o teor de ácido glutâmico foi mais elevado em condimentos, 0,28 mg/g em maionese e 170,90 mg/g em pó de caldo de galinha (Khairunnisak *et al.*, 2009).

Numa refeição num restaurante altamente temperada, a ingestão pode atingir valores tão elevados como sejam 5000 mg ou mais (Yang, *et al*, 1997).

### **2.1.9 - A avaliação da segurança e regulamentos aplicáveis ao glutamato**

Em 1958, a Food and Drug Administration (FDA) designa o glutamato como ingrediente (GRAS) de segurança, juntamente com muitos outros ingredientes alimentares comuns, tais como sal, vinagre e fermento em pó (USDHHS, 1958). Houve um consenso geral na comunidade científica, com base em numerosos estudos bioquímicos, toxicológicos e médicos realizados ao longo de quatro décadas, que o glutamato é seguro para a população em geral, incluindo mulheres grávidas e lactantes e crianças (IFIC, 2003). A avaliação da segurança de glutamato monossódico foi avaliada pelo JECFA nas reuniões XIV e XVII, em 1971 e 1974, respetivamente ([FAO / WHO, 1971] e [FAO / WHO, 1974]). Nessa altura, uma dose diária aceitável (DDA) de peso corporal 0-120 mg/kg, englobando os equivalentes de L-glutâmico dos sais.

Uma avaliação da segurança mais abrangente foi realizada em 1987 (JECFA, 1988). A JECFA revira os dados disponíveis sobre o metabolismo e a farmacocinética de glutamato, juntamente com dados experimentais pertinentes toxicológicos e resultados de estudos em seres humanos. A análise revelou que o glutamato tem uma toxicidade muito baixa aguda em circunstâncias normais, a dose oral que é letal para 50% dos sujeitos (DL50) em ratos e ratinhos foi 15 000 – 18 000 peso corporal mg/kg, respetivamente.

A avaliação da segurança global dirigiu o JECFA a concluir que a ingestão total de glutamatos decorrentes da sua utilização em níveis necessários para obter o

efeito desejado e da sua quantidade aceitável em alimentos não representam um perigo para a saúde. Portanto, o estabelecimento de uma ADI expressa em forma numérica não foi considerado necessário e um "não ADI especificado" foi atribuído a ácido L-glutâmico e os seus sais monossódico, potássio, cálcio e amónio.

O CMPAA também observou a evidência de que não foi necessário para o tratamento de mulheres grávidas e lactentes como casos especiais, no entanto, eles mantiveram a posição expressa anteriormente que os aditivos alimentares, em geral (glutamato incluído), não deve ser usado em alimentos infantis para ser consumido antes das 12 semanas de idade.

O Comité Científico para Alimentos da Comissão das Comunidades Europeias (SCF) (1991) realizaram uma avaliação de segurança semelhante ao do JECFA e chegou à mesma conclusão que o glutamato pode ser atribuído um "DDA não especificada", e esta é a situação na União Europeia.

Numa parte dos regulamentos, a FDA exige que, quando o glutamato é adicionado ao alimento, ele deve ser incluído na lista de ingredientes pelo seu nome comum ou usual, "glutamato monossódico" (IFIC, 2003). No entanto, muitos fabricantes de alimentos têm adotado uma estratégia de colocação de mensagens adicionais importantes sobre o glutamato nos rótulos dos alimentos.

### 2.1.10 - Variedades de tomate ricas em glutamato

Existem muitas variedades de tomate no mercado, mas a escolha recaiu sobre aquelas que atualmente são mais utilizadas pela indústria de transformação e que apresentam maior potencial de conter glutamato.

**Quadro 3** – Variedades de tomate ricas em glutamato .

Campbell's	Heinz	Nunhems
	H-9144	
CXD-254		Albatroz
	H-9665	
CXD-276		La Malva
	H-9553	
CXD-291		
	H-9776	

(Fonte: Italagro)

### 2.1.11 - *Umami*

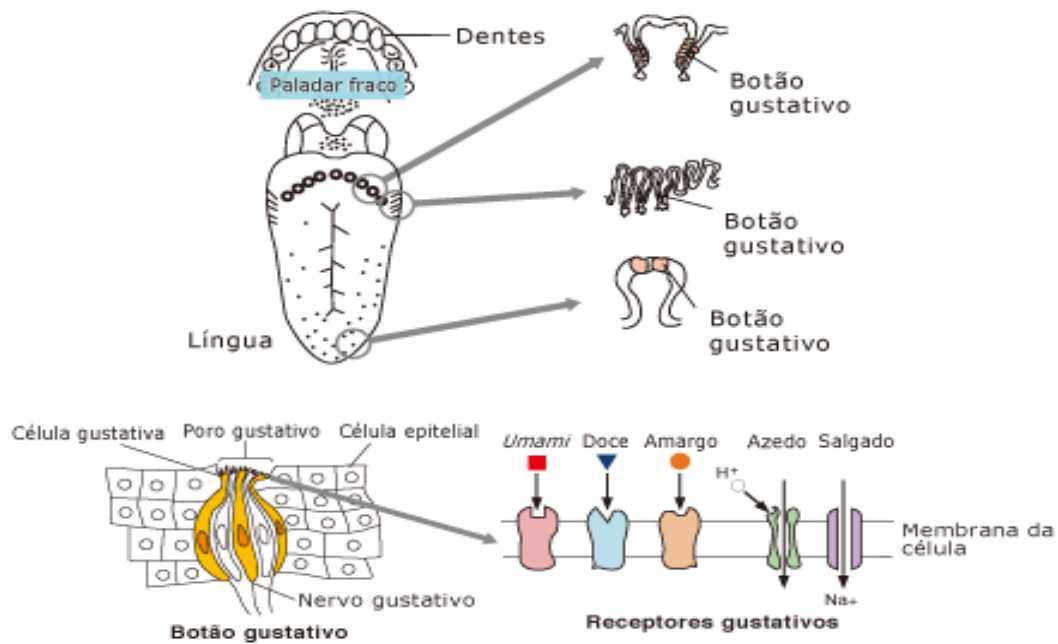
#### 2.1.11.1 – Alimentos ricos em *umami*

O efeito de adição de sabor “*Umami*” nos alimentos tem vindo a ser investigado desde 1950. O sabor de alguns alimentos à base de carnes, peixes, vegetais é melhorado através deste elemento. O *Umami* é adicionado aos alimentos preparados e processados como os alimentos congelados, mistura de temperos, sopas enlatadas, molhos pré-preparados.

**Quadro 4** – Alimentos ricos em *umami*.

Alimento	Quantidade de substância umami (mg/100g)
Queijo parmesão	1200
Lula	146
Tomate	140
Peixe	140
Cogumelo	140
Ostras	137
Milho	130
Batata	102
Soja	66
Batata Doce	60
Frango	44
Mariscos	41
Carne Suína	40
Carne Bovina	33
Cenoura	33

A língua possui três tipos de recetores de papilas gustativas, em cada uma delas é constituída de botões gustativos. Os adultos possuem aproximadamente, entre 7.500 a 12.000 botões gustativos, constituídos de células gustativas cujos recetores estão localizados na sua superfície (**Figura 6**). Os mecanismos da língua, nos humanos, identificam os gostos básicos, doce e azedo, salgado, amargo e umami. Transmitem informações para os nervos gustativos. Estes recetores reconhecem os cinco gostos básicos, ao nível fisiológico. O esquema seguinte demonstra a localização dos recetores gustativos.



**Figura 6** – Recetores gustativos

(Fonte: [www.ajinomoto.com/](http://www.ajinomoto.com/)) (consultado em 13-03-2013)

O alimento com maior concentração de *umami*, é o queijo parmesão, pois segundo Hellen (s.d.), após a ingestão do queijo parmesão, sentimos o gosto que permanece na superfície da língua por alguns minutos, após a eliminação do gosto salgado, ou seja, o gosto *umami*.

As três principais substâncias *umami*, são o glutamato, o inosinato e o guanilato. Os nucleótidos inosinato e o guanilato são substâncias que conferem maior gosto *umami* e que estão presentes em diversos alimentos como a banana, cogumelos (**Figura 7**).

1908 Glutamato



Descoberto por:  
Kikunae Ikeda

1913 Inosinato



Descoberto por:  
Shintaro Kodama

1957 Guanilato



Descoberto por:  
Akira Kuninaka

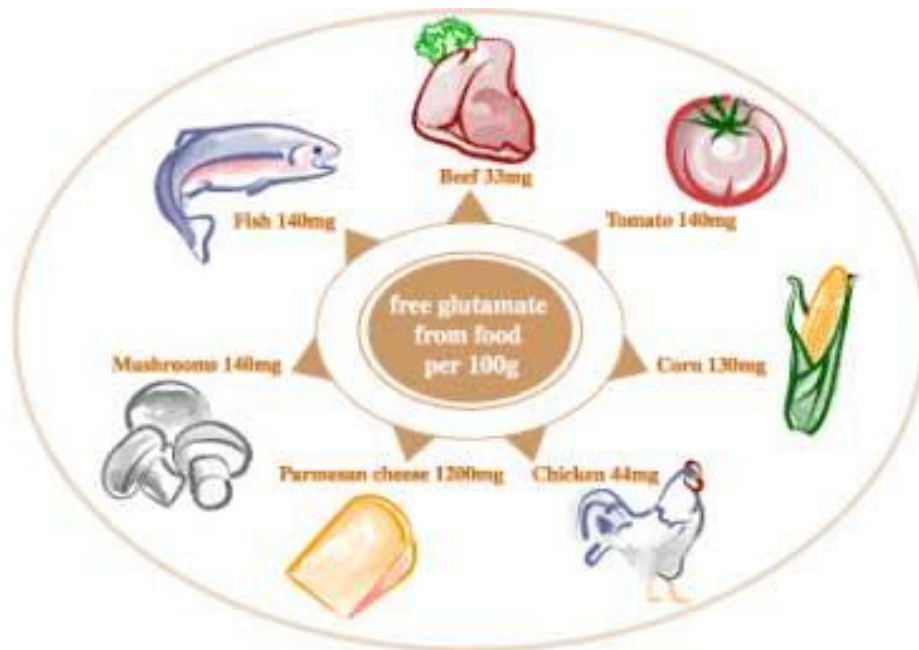
**Figura 7** – Principais alimentos com substâncias de sabor *umami*.

(Fonte: [www.ajinomoto.com/](http://www.ajinomoto.com/)) (consultado em 13-03-2013)

A FDA afirma que "*não há nenhuma evidência científica que os níveis de glutamato nas proteínas hidrolisadas provoca efeitos adversos ou que o glutamato sintético tem efeitos diferentes do glutamato normalmente encontrada em alimentos.*"

Atualmente, certos restaurantes não utilizam compostos de glutamato como um intensificador de sabor. O MSG e outros compostos semelhantes são usados em culturas não-americanas, especialmente na Ásia, em que se intensifica o sabor umami, supera muitas vezes a quantidade de glutamato encontrada nos alimentos. No entanto, estudos sugerem que apenas quantidades mínimas de GMS devem ser utilizados para alcançar agradabilidade máxima no gosto.

Na **Figura 8** apresentam-se os principais alimentos que contêm *umami*.



**Figura 8** - Principais alimentos que contêm umami

([http://www.glutamate.org/pt/media/Uma\\_parte\\_natural\\_de\\_nossos\\_alimentos.php](http://www.glutamate.org/pt/media/Uma_parte_natural_de_nossos_alimentos.php)) (consultado em 03-03-2013)

Os recetores são componentes cruciais dos caminhos bioquímicos da percepção gustativa. No ano de 2000, Nirupa Chaudhari e colegas da Universidade de Miami encontraram um recetor de sabores l-glutamato, que deram o nome de "gosto-mGluR4".

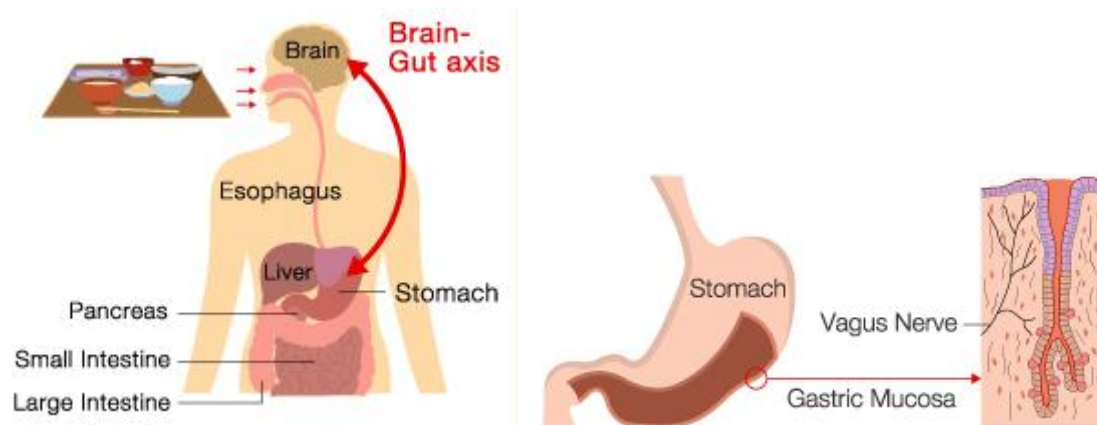
Umami foi o fator estimulador na procura de outros intensificadores de sabor. Um grupo de cientistas alemães do *Chemical Senses* fizeram a descoberta de um novo composto, alapyridaine, que intensifica o sabor de sal, doce, e sabores umami nos alimentos. Alapyridaine foi isolado a partir de caldo de carne. Como um possível intensificador de sabor, o alapyridaine também depende do sinergismo GMP em alimentos com sabor umami para fortalecer o gosto.

### **2.1.11.2 - Novas aplicações de substâncias umami**

As substâncias umami não só adicionam sabor umami aos alimentos mas também aumentam o seu sabor e, assim, melhoram o apetite. Estudos recentes sugerem que estas substâncias desempenham um papel importante na seleção, ingestão, digestão e absorção/metabolismo de alimentos que são essenciais para a vida. Assim, é esperado que, as substâncias umami tenham uma função de melhorar a qualidade de vida de pessoas em todo o mundo, aplicadas de várias formas.

### **2.1.11.3 - Detecção de substâncias umami no trato digestivo**

Os aminoácidos são conhecidos por causar sensações viscerais no estômago e intestino, através da ativação do nervo vago. Estudos recentes em ratos indicam que, entre os 20 aminoácidos que compõem as proteínas, os nervos gástricos aferentes respondem especificamente ao glutamato. Os sinais são transmitidos a partir das fibras aferentes gástricas vagais para o córtex insular, sistema límbico, e hipotálamo que regula a ingestão de alimentos, a sua digestão/absorção e metabolismo. Assim, um sabor umami não só afeta a ingestão de alimentos, mas também a digestão. O mecanismo pelo qual o cérebro reconhece este gosto e a utilização eficaz de substâncias com um sabor umami como um estímulo para a digestão está a ser estudado em todo o mundo. A **Figura 9** mostra a funcionalidade e o mecanismo dos sinais transmitidos.

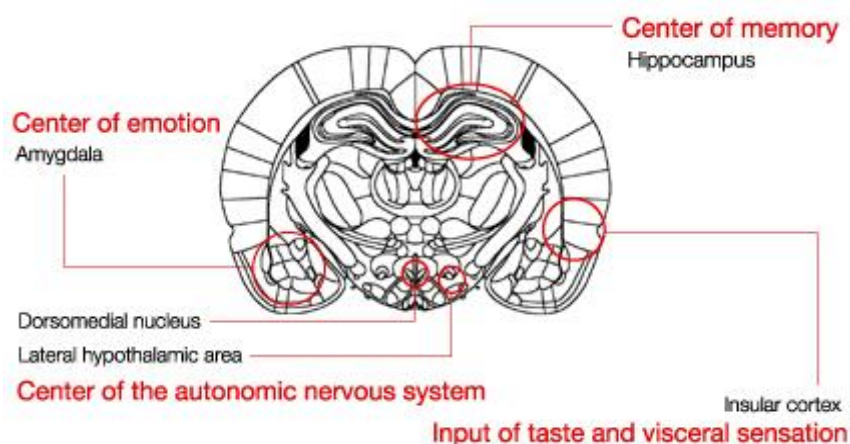


**Figura 9** - Mecanismo dos sinais transmitidos no organismo

([www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html](http://www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html)) (consultado em 13-03-2013)

Assim, o nervo vago contém fibras sensoriais que transmitem a informação sobre os alimentos no estômago e intestino delgado para o cérebro. Informação sobre o consumo de glutamato percebida na superfície do tubo digestivo é transmitida para o cérebro através deste nervo.

A informação sobre a presença de glutamato no trato digestivo é transmitida para o núcleo no córtex insular, bem como para o hipocampo, amígdala e hipotálamo, levando a regulação do apetite, a digestão/absorção e metabolismo. (**Figura 10**).

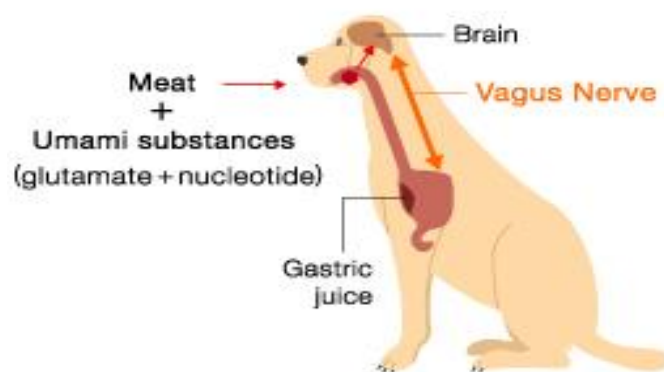


**Figura 10** - Ressonância magnética funcional ao glutamato

([www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html](http://www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html)) (consultado em 13-03-2013)

Na década de 90 do sec. XX a Academia Russa de Ciências publicou um conjunto importante de estudos sobre os efeitos que fazem aumentar a digestão de substâncias com um sabor *umami*. Quando as substâncias com um sabor umami (incluindo glutamato) foram adicionados aos alimentos do cão, (**Figura 11**) a secreção gástrica foi promovida.

Igualmente, quando o glutamato monossódico foi adicionado à comida de pacientes com gastrite atrófica crônica e com função digestiva prejudicada, a secreção gástrica foi melhorada. O estudo recente realizado com o Instituto de Fisiologia de Pavlov indicou que o glutamato induz sensações viscerais e aumenta a secreção gástrica. Outros estudos recentes em humanos sugeriram a possibilidade de que o glutamato regula o trânsito de alimentos a partir do estômago para o intestino, na proporção do valor nutritivo ingerido e, conseqüentemente, aumenta a eficiência da digestão (Vasilevskaia, *et al.* 1993).



**Figura 11** – Presença do glutamato em animais

([www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html](http://www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html)) (consultado em 13-03-2013)

Estudos realizados em animais sugeriram a possibilidade de que o glutamato poder prevenir a obesidade induzida pela ingestão excessiva de gordura (Kondoh & Torii, 2008). Quando o glutamato foi administrado em ratos, tendo uma dieta rica em gordura, a acumulação de gordura subcutânea, e de gordura visceral foi inibida. Há uma tentativa importante de esclarecer os mecanismos de regulação do metabolismo energético no cérebro modulado pelas sensações gustativas e visceral induzida por substâncias umami (Kondoh & Torii, 2008).

#### **2.1.11.4 - Perspetivas futuras**

Novos papéis fisiológicos de substâncias umami estão a ser investigados. Para compreender o papel de substâncias umami sobre sensação gustativa e sensação visceral em seres humanos, é necessário estudar o mecanismo para receção de sinais, o mecanismo pelo qual o cérebro reconhece os sinais e do papel destes sinais na manutenção da homeostasia. Deste modo, é importante:

- Identificar os recetores gustativos utilizando métodos biotecnológicos, tais como análise de genes e experiências em células;
- Realização de estudos de ponta, incluindo experiências com animais sobre a função fisiológica do cérebro e do trato digestivo;
- Utilização de diferentes métodos, incluindo técnicas de avaliação da função sensorial humana.

## 2.2 – Caracterização do tomate

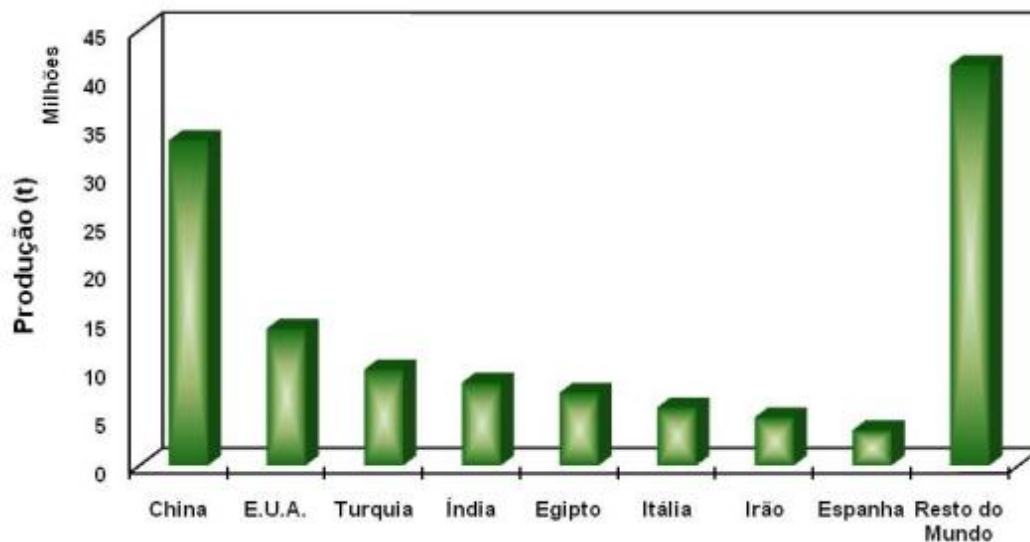
O tomate é um dos vegetais mais ricos em glutamato, podendo chegar a cerca de 246mg por 100g de peso fresco. O processo de maturação é caracterizado por diversos eventos bioquímicos e fisiológicos, que altera aspectos como a firmeza, a cor, o aroma, a textura e o sabor; este último, é devido ao aumento da quantidade de glutamato natural decorrente dos estádios de maturação. Dessa forma, quanto mais maduro estiver o tomate, e portanto mais vermelho, mais intenso o gosto Umami que ele proporciona. No entanto, a intensidade e a quantidade de *Umami no tomate* podem variar de acordo com o tipo de tomate, a parte do tomate, a forma de cultivo e as condições de maturação. O tomate é um fruto chamado de climatérico, pois as reações que ocorrem no processo de maturação ocorrem mesmo quando colhido em verde. Nestas reações ocorrem quebras de diversas moléculas de proteínas, que libertam entre vários aminoácidos, o ácido glutâmico. Mesmo que os tomates sejam armazenados a baixas temperaturas, a quantidade de aminoácidos livres aumenta conforme avança os estádios de maturação. Além disso, a polpa do tomate e a parte gelatinosa das sementes apresentam ainda maior concentração de Umami do que a casca, e os tomates secos contem além de mais glutamato, por causa da perda de água, outras substâncias Umami responsáveis por incrementar ainda mais o seu sabor, os nucleotídeos guanilato e inosinato.

O tomate é constantemente utilizado na gastronomia mundial: na forma fresca, em saladas, petiscos, sanduíches e incluído na preparação de diversos molhos, sopas, condimentos e carnes, essa iguaria potencializa o sabor dos alimentos.

Para além disso, o tomate parece ser um aliado na prevenção de alguns tipos de cancro, graças á presença de outra substância importantíssima, o licopeno.

### **2.2.1 - Importância económica da cultura do tomate**

O tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) é o fruto do tomateiro, planta que pertence à família Solanaceae e que é originária da região dos Andes, mais concretamente da zona costeira ocidental da América do Sul, entre o Equador e o Chile (Costa e Heuvelink, 2005; Almeida, 2006). A sua domesticação ocorreu no México, a partir daí foi introduzido na Europa, em meados do século XVI (Costa e Heuvelink, 2005; Almeida, 2006). Na Europa, a nova cultura foi rapidamente adotada pelos países do Sul, sobretudo Itália e Espanha; contudo, nos países do Norte e Centro foi temida como venenosa, tendo sido inicialmente utilizada principalmente como ornamental. A grande expansão mundial da cultura do tomate ocorreu nas primeiras décadas do século XX, em resultado do desenvolvimento da indústria de processamento de concentrado (Almeida, 2006). Atualmente, o tomate é uma das culturas hortícolas mais importantes, em termos de produção e valor económico, uma vez que ocupa o segundo lugar em volume de produção Mundial e é uma das mais industrializadas. O sector do tomate e seus produtos transformados inserem-se assim num mercado mundial muito competitivo dominado pela China com um volume anual de cerca de 33 milhões de toneladas, o que representa 26% da produção mundial (FAO, 2009). Os Estados Unidos da América (E.U.A) ocupam a 2ª posição no ranking mundial, sendo seguidos pela Turquia, Índia, Egito, Itália, Irão e Espanha (FAO, 2009). **(Figura 12)**



**Figura 12** - Produção mundial de tomate em 2007. (Fonte: FAO 2009)

Nos últimos anos registou-se uma expansão da cultura do tomate como consequência do crescimento do seu consumo, tanto na forma de produto para consumo em fresco, como de produto transformado (concentrado, sumo, desidratado, ketchup, entre outros). Este consumo crescente está relacionado, entre outros fatores, com a consolidação de redes de restaurantes *fast-food* e *self-service*, que utilizam esta hortícola nas formas processada e fresca. Além disso, a presença da mulher no mercado de trabalho e a consequente necessidade de preparar os alimentos de forma mais rápida, aumentou a procura por alimentos processados ou semi-preparados – no caso do tomate, principalmente na forma de molhos pré-preparados ou prontos para consumo, como o ketchup. Mais recentemente, a procura pelo tomate foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da venda do produto para consumo em fresco (Carvalho e Pagliuca, 2007).

Em Portugal, o tomate para consumo em fresco e o tomate para indústria constituem duas das principais culturas produzidas, tendo tido, no ano de 2003, representatividades de 4,1% e 40,8%, respetivamente, na produção total de produtos hortícolas (GPP, 2007). A cultura do tomate para consumo em fresco assume maior importância nas regiões do Ribatejo e Oeste e Algarve, com, respetivamente, 50% e 30% do total da produção do Continente no quinquénio 1998-2002 (GPP, 2007). O aprovisionamento do tomate para a indústria é na totalidade assegurado por Organizações de Produtores (OP) que se concentram, sobretudo, no vale do Tejo (80% da área), no vale do Sorraia (Coruche e Salvaterra de Magos) e nos regadios do Alentejo (19% da área) (Almeida, 2006 e GPP, 2007).

### **2.2.2 – O licopeno no tomate**

O tomate constitui a principal fonte de licopeno, e este pigmento representa cerca de 80 a 90% total dos carotenoides presentes neste fruto. Este tipo de carotenoide está presente em menores quantidades e concentrações na melancia, goiaba, toranja, papaia e alperce (Shi, Maguer e Bryan, 2002).

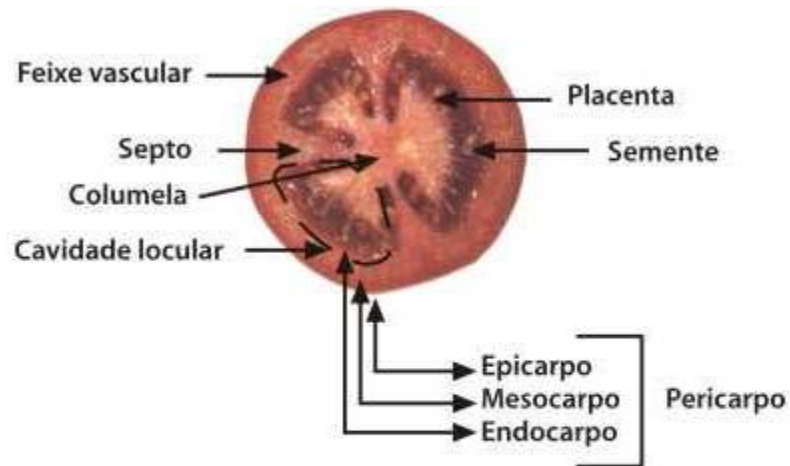
O licopeno está concentrado essencialmente, nos cromoplastos que estão situados no epicarpo do tomate, o seu teor aumenta de forma considerável, durante a fase de amadurecimento do tomate (Kirk e TilneyBasset, 1978).

Segundo Antunes (2007), ao longo das últimas décadas, têm sido realizadas várias investigações que demonstram os benefícios dos carotenoides no ser humano. Assim a função principal é a pró-vitamina A, que está restringida a cinquenta e três carotenoides com anéis  $\beta$ , nas suas extremidades,

nomeadamente, o  $\beta$ -caroteno, o mais importante precursor, a zeaxantina e a  $\beta$ -criptoxantina.

### 2.2.3 - Morfologia e Taxonomia

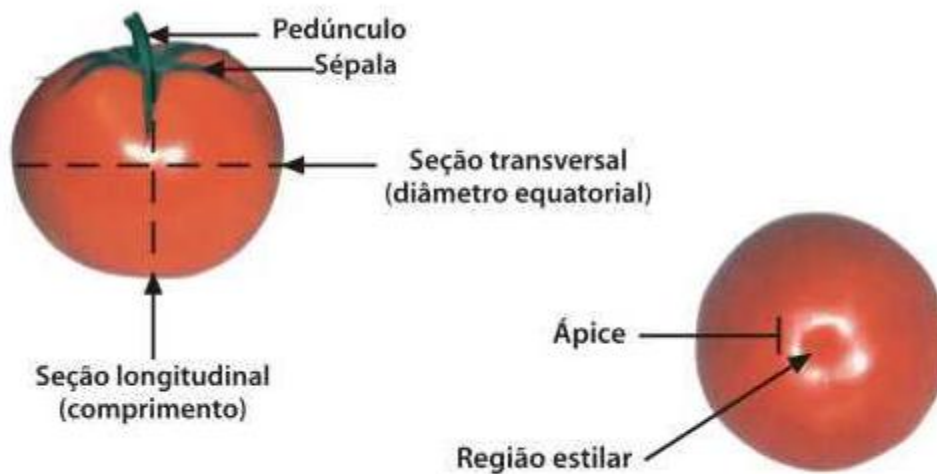
Botanicamente, o tomate é classificado como uma baga, (**Figura 13**) estando dividido em pericarpo, lóculos ou cavidades loculares (variam de 2 a 12) e conteúdo locular (**Figura 14**) (Madhavi e Salunkhe, 1998; Almeida, 2006). O pericarpo é constituído por um epicarpo membranoso, revestido por uma cutícula rica em ceras e ácidos cuticulares, um mesocarpo carnudo e suculento e um endocarpo membranar muito ténue (Barringer, 2004) (**Figura 15**). As sementes estão imersas no tecido locular ou placentário, tecido esse que, durante o amadurecimento, forma uma espécie de gel que preenche as cavidades loculares (Almeida, 2006). Após a maturação, o tomate apresenta geralmente uma cor vermelha, apesar de algumas variedades poderem apresentar outras cores como o amarelo, cor-de-rosa ou cor-de-laranja (Madhavi e Salunkhe, 1998; Almeida, 2006).



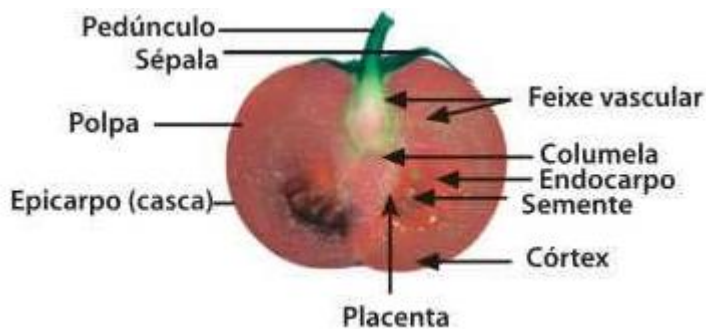
O pericarpo compreende a casca (epicarpo), as paredes internas (mesocarpo e endocarpo) e o septo.  
 O córtex é a parte do mesocarpo mais próxima ao epicarpo.  
 A polpa é o pericarpo sem o epicarpo.

**Figura 13** - Seção transversal de um tomate de 3 lóculos (multiloculado)

(Fonte: <http://kdfrutas.com.br/saibamais/tomate>) (consultado em 13-03-2013)



**Figura 14** – Vista lateral e transversal do fruto do tomate.



**Figura 15** - Seção longitudinal de um tomate com 2 lóculos (biloculado)

(Fonte: <http://kdfrutas.com.br/saibamais/tomate>) (consultado em 13-03-2013)

#### **2.2.4 - Composição do tomate**

A composição do tomate varia em função da variedade, estado de maturação e condições de produção (como a temperatura, fertilização e irrigação) (Barringer, 2004). No entanto, de uma maneira geral, o tomate maduro é composto sobretudo por água, representando esta cerca de 94% do total dos seus constituintes. Os restantes 6% correspondem a matéria seca, sendo esta constituída por 50% de açúcares solúveis (predominando a frutose e a glucose), 25% de ácidos orgânicos (cítrico e málico), aminoácidos dicarboxílicos, lípidos e minerais, e 25% de sólidos insolúveis em álcool, que incluem proteínas, substâncias pécnicas, celulose e hemicelulose (Barringer, 2004; Roca, 2009).

**Quadro 5** - Quantidades e concentrações da composição do tomate

	Composto	Concentração
	Água	94,5%
Matéria seca (%)	Proteínas	0.88
	Lípidos	0.20
	Fibra	1.20
	Hidratos de carbono	3.92
	Frutose	1.37
	Glucose	1.25
		C
Vitaminas (mg/100 g)	Tiamina	0.037
	Riboflavina	0.019
	Niacina	0.594
	B6	0.080
	E	0.54
	A	833
Minerais (mg / l)	Potássio	237
	Cálcio	10
	Fosforo	24
	Magnésio	11
	Sódio	5
	Ferro	0.27

Tal como se observa, o tomate tem maior concentração de água com 94,5% e vitamina A. Em termos de matéria seca, contem maiores quantidades de hidratos de carbono, com 3.92% (**Quadro 5**).

Segundo Gidenne *et al.* (2006) a fibra é um dos constituintes principais da parede celular do tomate, faz parte da fração insolúvel em água e pode classificar-se em celulose, hemicelulose, substâncias pécicas e lenhina. Estes

polímeros têm uma elevada resistência física, o que é benéfico para a forma e estrutura da planta. As substâncias pécticas correspondem ao grupo dos polissacarídeos carregados negativamente, e acidificados, que existem no espaço intercelular sob a forma de pectato de cálcio e magnésio (Pereira, 2005).

### 3 – MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Localização dos campos experimentais

O ensaio decorreu em duas parcelas localizadas, na freguesia de Valada, concelho do Cartaxo (**Quadro 6**). Na parcela Mouchão da Fonte Boa (**Figura 16**) a plantação foi efectuada em 6 de Abril de 2011; nesta parcela foram efetuadas duas colheitas de frutos: uma em 3 de Agosto e outra em 10 de Agosto de 2011. Na parcela do Aleixo (**Figura 17**) a plantação foi efetuada em 27 de Maio de 2011; as colheitas de frutos nesta última foram realizadas em 6 e em 12 de Setembro de 2011. Foram avaliadas no conjunto 9 variedades de tomate.

**Quadro 6** – Localização das parcelas. Datas de plantação e colheita.

<b>Parcelas</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>
Concelho	Cartaxo	Cartaxo
Freguesia	Valada	Valada
Localização	Mouchão da Fonte Boa	Aleixo
Coordenadas GPS	N 39° 5'10.82" W 8°46'43.88"	N 39° 4'22.52" W 8°48'19.14"
Data plantação	2011-04-06	2011-05-27
Data Colheita	C1 – 2011-08-03 C2 – 2011-08-10	C1 – 2011-09-06 C2 – 2011-09-12
Ciclo cultural	C1 – 129 dias C2 – 136 dias	C1 – 102 dias C2 – 108 dias



**Figura 16** – Terras de Mouchão da Fonte Boa



**Figura 17** – Localização dos campos experimentais em Valada, Cartaxo.

(Fonte Google Earth) (consultado em 20-03-2013)

### **3.2 - Caracterização climática**

O clima nesta zona é temperado, com uma humidade relativa do ar média anual de 80% moderadamente chuvoso e de Verão quente. Comparando os valores da evapotranspiração potencial e real verifica-se a ocorrência de carências hídricas acentuadas de Junho a Setembro, a solicitar a rega sempre que possível. Por outro lado, ocorrem excesso de água na quadra invernal, o que, em conjunto, justifica a tomada de medidas destinadas a uma adequada gestão do regime hidrológico, quer evitando os fenómenos erosivos, quer criando condições para o reforço das toalhas freáticas.

Definido pelos valores correspondentes à estação da Fonte Boa (Vale de Santarém) e de Santarém, o clima do concelho do Cartaxo é de tipo temperado, com uma temperatura média anual do ar da ordem dos 16,5 °C, moderado (amplitudes térmicas anuais de 12,9 a 13,6 °C), moderadamente chuvoso (precipitação média anual de 766 mm). Predominam os ventos do quadrante Norte/Noroeste de Março a Outubro e Norte/Este de Novembro a Fevereiro, com velocidades médias relativamente moderadas. Do quadrante Sul dominam os de Sul/Oeste, com velocidades médias mais elevadas de Março a Maio

### **3.3 - Caracterização de solo**

Em termos genéricos, pode dizer-se que o Concelho do Cartaxo abrange duas partes topográficas distintas: a primeira constitui a planície aluvial que bordeja o Tejo; a segunda, sobrelevada em relação á primeira, assume a forma de peneplanície pela erosão e cortada por numerosas linhas de água. A planície aluvial é sulcada por vales de rega e drenagem e, em parte, definida por diques

contra os afluentes em ocasiões de cheias. Os valores altimétricos não excedem os 40m.

No que se relaciona com as atividades agrícolas, os indicadores físicos assumem uma elevada importância por estabelecerem relações cruciais com os processos hidrológicos, nomeadamente, a taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. São importantes igualmente, na função do suprimento e armazenamento de água, nutrientes e oxigénio no solo (Reichert et al., 2003).

Assim, os principais indicadores físicos do solo são a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão de água e sistema de cultivo.

Os parâmetros agronómicos e ambientais são geralmente, agrupados em quatro classes, os que indicam os processos do solo ou de comportamento, como o pH, carbono orgânico, os que indicam a capacidade do solo em resistir à troca de iões, como a argila, CTC, Óxidos de Ferro, Óxidos de alumínio, e os que indicam as necessidades nutricionais das plantas, como o N, P, K, Ca e Mg. Existem ainda os elementos que indicam a contaminação e poluição como os metais pesados, nitrato, fosfato e agrotóxicos (Dexter, 2004).

Pela análise de solos verifica-se que na parcela P1 a textura é mediana, pH 7,1, matéria orgânica baixa, fósforo alto, potássio médio e cálcio muito baixo (**Quadro 7**).

**Quadro 7 – Análise de solo (P1 - Mouchão da Fonte Boa)**

<b>Análises</b>	<b>Resultados</b>	<b>Muito Baixo</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>	<b>Muito Alto</b>
Textura de campo	Média					
pH(H <sub>2</sub> O)	7,1					
Matéria orgânica (%)	1,8		X			
Fósforo (ppm)	142				X	
Potássio (ppm)	96			X		
Calcário Total (%)	0,5					Não calcário

Relativamente á parcela P2, pela análise de solos verifica-se que a textura é grosseira, pH 8,5, matéria orgânica baixa, fósforo muito alto, potássio médio e não calcário (Quadro 8)

**Quadro 8 – Análise de solo (P2 - Aleixo)**

<b>Análises</b>	<b>Resultados</b>	<b>Muito Baixo</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>	<b>Muito Alto</b>
Textura de campo	Grosseira					
pH(H <sub>2</sub> O)	8,5					
Matéria orgânica(%)	1,1		X			
Fósforo(ppm)	>200					X
Potássio(ppm)	114			X		
Calcário Total(%)	0					Não calcário

### 3.4 – Plano de fertilização

Na parcela P1 (Mouchão da Fonte Boa), foi aplicada fertilização de fundo, antes da instalação da cultura; Nutrivert 5.6.12. e Humifosfato 24, respectivamente 700 e 230 Kg/ha. Ao longo do ciclo cultural e começando na

semana 18 e terminando na semana 29 a fertirrega foi adicionando os fertilizantes necessários ao bom desenvolvimento da cultura (**Quadro 9**).

**Quadro 9** – Plano fertilização parcela do Mouchão

<b>Data</b>	<b>Designação</b>	<b>Kg/ha</b>	<b>N (kg/ha)</b>	<b>P2O5 (kg/ha)</b>	<b>K2O (kg/ha)</b>	<b>Ca (kg/ha)</b>	<b>Mg (kg/ha)</b>
Adubação Fundo	Nutrivert 5.6.12	700	35	42	84	0	0
Adubação Fundo	Humifosfato 24 8.24.0	230	18,4	55,2	0	0	0
SEM 18	Nutrifluid 12.6.6	65	7,8	3,9	3,9	0	0
SEM 19	Nutrifluid 12.6.6	65	7,8	3,9	3,9	0	0
SEM 21	Tecnifertil 32.0.0	100	32	0	0	0	0
SEM 22	Tecnifertil 32.0.0	100	32	0	0	0	0
SEM 25	Fosfid'or 0.30.20	20	0	6	4	0	0
SEM 29	Activert Super K 3.0.50	50	1,5	0	25	0	0
<b>Quantidades Totais</b>			<b>134,5</b>	<b>111</b>	<b>120,8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Na parcela P2 Aleixo, foi aplicada fertilização de fundo, antes da instalação da cultura; Nutrivert 5.6.12. e Humifosfato 24, respectivamente 600 e 230 Kg/ha. Ao longo do ciclo cultural e começando na semana 25 e terminando na semana 34 a fertirrega foi adicionando os fertilizantes necessários ao bom desenvolvimento da cultura (**Quadro 9**).

**Quadro 10** - Plano fertilização parcela do Aleixo

Data	Designação	Kg/ha	N (kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Adubação Fundo	Deiba 8.24.24	600	48	144	144	0	0
Adubação Fundo	Humifosfato 24 8.24.0	230	18,4	55,2	0	0	0
SEM 25	Nutrifluid 12.4.6	60	7,2	2,4	3,6	0	0
SEM 26	Nutrifluid 12.4.6	60	7,2	2,4	3,6	0	0
SEM 28	Activert Nutri Ca 15% N, 22.5% Ca, 3% Mg	50	7,5	0	0	11,25	1,5
SEM 30	Tecnifertil 4.8.12	65	2,6	5,2	7,8	0	0
SEM 31	Tecnifertil 4.8.12	65	2,6	5,2	7,8		
SEM 32	Tecnifertil 4.8.12	65	2,6	5,2	7,8	0	0
SEM 34	Activert Super K 3.0.50	40	1,2	0	20	0	0
<b>Quantidades Totais</b>			<b>97,3</b>	<b>219,6</b>	<b>194,6</b>	<b>11,25</b>	<b>1,5</b>

### 3.5 - Parâmetros hídricos

A bacia hidrográfica representa uma área de captação natural da água da precipitação, que faz afluir os escoamentos para um único local de saída. A água de precipitação que chega ao solo escoia superficialmente, é assimilada pelas raízes da vegetação e infiltra-se. Assim, parte desta água que penetra no solo retorna à atmosfera pelo processo de evapotranspiração e a outra parte permanece armazenada no subsolo, ou então é acumulada no lençol freático, o que dá origem à nascente dos rios mais pequenos (Mosaddeghi et al., 2003 & Moldrup, 2003).

O intervalo hídrico ótimo é considerado como o melhor indicador da qualidade física e estrutural do solo, isto porque inclui as determinações de resistência do

solo e penetração de raízes, densidade e retenção de água no solo Silva *et al.*, 1994). O intervalo hídrico ótimo é pois considerado como o único parâmetro que inclui, numa determinada faixa de conteúdo de água, as limitações ao crescimento e desenvolvimento das plantas por aeração, água disponível e resistência do solo à penetração de raízes. É pois designado como uma faixa de humidade ideal para o crescimento das plantas (*Least Limiting Water Range* -LLWR). Assim sendo, em solos bem estruturados com valores moderados de densidade do solo e com a qualidade física adequada, o *intervalo hídrico ótimo* (IHO) é igual à água disponível e, tem como limite superior, a capacidade do campo. Deste modo, obtém-se o valor da densidade do solo em que o IHO é igual a zero, designado de densidade crítica do solo. O parâmetro (IHO) facilita a obtenção e tem uma importância elevada no crescimento e desenvolvimento das plantas em distintos manuseamentos de solo (Moldrup, 2003).

### **3.6 - Caracterização das variedades**

As variedades escolhidas para o ensaio são aquelas que tem têm maior expressão no conjunto das variedades de tomate de indústria, utilizadas pela Italgro, e cujas características estão descritas no **Quadro 11**.

**Quadro 11 – Características das variedades de tomate**

Variedade	Ciclo (Dias)	Planta	Fruto	Resistências
CXD-255	Médio Tardio (115-120)	Vigorosa Compacta	Oval grande	VFFNPO
CXD-277	Médio (115)	Alto Vigor	Quadrado Oval	VFFNPO
CXD- 291	Médio Precoce (110 - 115)	Alto Vigor	Oval grande	VFFNPO
CXD- 254	Médio Precoce (110 - 115)	Médio Vigor	Quadrado grande	VFFNPO
H- 9665	Tardio (125-130)	Compacta Semi-rasteira	Quadrado grande	VFFNPA
H- 9144	Tardio (120-125)	Semi-rasteira	Quadrado médio	VFAC
H- 9553	Médio Tardio (115-120)	Vigorosa	Quadrado Oval pequeno	VFFNACD
H- 9776	Médio (115)	Semi-rasteira	Piriforme médio	VFFNA
Albatroz	Médio (115)	Alto Vigor	Redondo grande	VaVdFol:0,1Pst MaMiMj
La Malva	Médio (115)	Médio Vigor	Redondo grande	VaVdFol:0,1Pst MaMiMjTSWV

**Legenda-** Resistência a doenças e pragas

V- *Verticillium dahliae* (raça0); F- *Fusarium Oxysporum*f.sp.*Lycopersici* (raça 1 e 2); N- Nemátodes, *Meloidogyne incógnita* sp; Po- *Pseudomonas Syringae* pv.*tomato*(raça0); TSWV- Vírus do bronzeamento, *tomato spot wilt vírus*; A- *Alternaria alternata* f.sp. *Lycopersici*; C- *Clavibacter michiganensis* subsp.*michiganensis*; D- *Cuscuta*; VdVa- *Verticillium dahliae* e *Verticillium Albo-atrum*; Fol0,1- *Fusarium oxysporum* f.sp.*Lycopersici*, Pst- *Pseudomonas Syringae* pv.*tomato*; MaMiMj- *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne javanica*.

**3.7 - Delineamento experimental**

Foram selecionadas 9 variedades de tomate destinado á indústria de transformação, (Italagro), instaladas em duas parcelas situadas na freguesia de Valada, concelho do Cartaxo. A Parcela 1 foi instalada em 6 de Abril com a disposição apresentada no **Quadro 12**, de cada variedade foram utilizadas 280 plantas. Foram feitas 2 colheitas, uma a 3 de Agosto e outra a 10 de Agosto.

Na parcela 2 a cultura foi instalada a 27 de Maio, com a disposição apresentada no **Quadro 12**, de cada variedade foram utilizadas 280 plantas. Foram feitas 2 colheitas, uma a 6 de Setembro e outra a 12 de Setembro.

**Quadro 12 – Delineamento experimental**

	Parcela 1 Mouchão			Parcela 2 Aleixo		
Variedades	H-9665	La Malva	CXD-255	CXD-255	H-9776	H-9553
	CXD-277	H-9144	Albatroz	H-9665	La Malva	CXD-277
	CXD-291	H-9553	H-9776	Albatroz	H-9144	CXD-291
Plantação	06 de Abril de 2011			27 de Maio de 2011		
Colheita C1	03 de Agosto de 2011			06 de Setembro de 2011		
Colheita C2	10 de Agosto de 2011			12 de Setembro de 2011		

Foi efetuada uma análise estatística dos dados utilizando o Software SPSS 19.0.

### **3.8 - Ensaio laboratorial**

O presente trabalho foi realizado e conduzido no Laboratório de Química da Escola Superior Agrária de Santarém, seguindo um protocolo previamente elaborado.

#### **Preparação do material para análise**

A colheita dos frutos ocorreu em duas fases distintas em cada parcela, tendo em consideração a época de plantação que tiveram um intervalo de 21 dias entre si, assim como foram consideradas as condições edafo-climáticas de cada parcela.

Os tomates foram colhidos em termo de maturação nas duas parcelas por volta das 9h e uma semana após esta data. Na parcela 1 a recolha decorreu no dia 3 de agosto e no dia 10 de agosto. Na parcela 2 a recolha foi efetuada no dia 6 de setembro e 12 de setembro.

No laboratório frutos foram lavados e selecionados, retiradas as sementes e os pedúnculos. A polpa foi triturada até se obter uma amostra homogénea.

O preparado foi colocado em sacos herméticos para congelação devidamente identificados.

#### **Preparação da Amostra**

Foram utilizados 9 lotes de amostras congeladas de 9 variedades de tomate: H-9665, H-9144, H-9553, H-9776, La Malva , Albatroz, CDX-255, CDX-277 e CDX-291, recolhidas em duas parcelas P1-Mouchão e P2-Aleixo, com a duas colheitas distintas C1e C2 respetivamente.

A qualidade dos lotes foi garantida na colheita e seleção dos frutos, nas condições de higiene na manipulação e tratamento das amostras, na homogeneização da cada lote de amostra, na identificação adequada para cada variedade, com parcela e colheita respectiva e no congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Os lotes de amostras permaneceram no frio cerca de 3 meses.

Após descongelamento de 10g de amostra, retirou-se 1g e adicionou-se 50ml de  $\text{H}_2\text{O}$  ultra pura num copo de vidro e esperou-se 10 minutos.

Decorrido esse tempo, o preparado foi passado para um balão de vidro, onde se juntou mais 50ml de  $\text{H}_2\text{O}$  ultra pura, foi agitado com uma vareta de vidro até a amostra se encontrar homogénea.

De seguida, para finalizar a amostra, filtrou-se para um novo balão de vidro, utilizando um funil de vidro e papel de filtro.

Foram preparadas no total 36 amostras seguindo o protocolo e as indicações do **Kit de Análise L-Glutamic acid (Roche)** e distribuídas pelas placas de poços num esquema de 4 repetições cada amostra.

A leitura dos dados foi efetuada no espectrofotómetro a 492nm (Comprimento de onda), para posterior estudo dos resultados.

### **Determinação da concentração de ácido glutâmico**

O Ácido L-glutâmico (L-glutamato) é desaminado oxidativamente pela nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) a 2-oxoglutarato na presença da enzima desidrogenase do glutamato (GIDH).

Na reação catalisada pela diaforase os NADH formados, convertem o cloreto de idonitrotetrazólio (INT) num formazano que é medido na gama visível a 492 nm.

Kit de Análise L-Glutamic acid (Roche)

Composição:

- Solução 1: 25 ml solução, composta por: tampão fosfato de potássio / trietanolamina, pH 8,6; Triton X-100

- Solução 2: liofilizado, composta por: 35 mg de diaforase, 4 U; NAD, 28 mg

(adicionar 2,5 ml H<sub>2</sub>O pura ultra-estável 1 Semana a 2<sup>o</sup> C)

- Solução 3: cloreto de idonitrotetrazólio, aprox. 2,5 ml

(adicionar 6,0 ml de H<sub>2</sub>O pura ultra-estável 3 meses)

- Solução 4: 1,2 ml de solução de glutamato desidrogenase, aprox. 1080U

- Solução 5: ácido L-glutâmico (controle ensaio).

### **Procedimento**

Colocou-se os reagentes na placa 1 (solução 30ml Sol1+10ml Sol 2+ 10ml Sol3), simultaneamente preparou-se a placa 2 onde se colocou Branco (H<sub>2</sub>O) 10 ml, Padrão Solução 5 (ácido glutâmico) 10 ml e as amostras 10 ml. Seguidamente a solução da placa 1 foi adicionada na totalidade á placa 2 que continha as amostras. Finalmente, e para desencadear a reação, a totalidade

da solução da placa 2 é adicionado á placa 3 (Solução 4 (1,5ml cada)) que contem a glutamato desidrogenase.

Passados 2 minutos fez-se a leitura no espectrofotómetro 492nm e nova leitura passados mais 2 minutos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	B	B	B	B		7	7	7	7
B	P	P	P	P		8	8	8	8
C	1	1	1	1		9	9	9	9
D	2	2	2	2					
E	3	3	3	3					
F	4	4	4	4					
G	5	5	5	5					
H	6	6	6	6					

**Figura 18 – Disposição das amostras**

B – Branco (H<sub>2</sub>O); P – Padrão (ác. Glutâmico) 1 – H9776; 2 – H9553; 3- CXD291; 4 – ALBATROZ; 5 – H9143; 6 – CXD276; 7 – CXD254; 8 – La MALVA; 9 – H9664

Para cada amostra foram efetuadas 4 repetições como mostra a **Figura 18**.

A preparação das amostras e respetivas leituras foram efetuadas em períodos distintos. O ensaio referente à parcela 2 da primeira colheita (P2C1) foi efetuado em 6 de Dezembro de 2011, os ensaios referentes à parcela 2 da segunda colheita (P2C2) e parcela 1 segunda colheita (P1C2) foram realizados em 15 de Dezembro de 2011. O último ensaio foi realizado em 19 de Dezembro de 2011, referente à parcela 1 primeira colheita (P1C1).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Valores médios de ácido glutâmico

No Quadro 13 apresentam-se os valores médios de ácido glutâmico quantificado em laboratório para cada uma das parcelas (p1 e p2) e para as duas datas de colheita (c1 e c2). No Quadro 14 são apresentados os valores do desvio padrão das leituras efetuadas.

**Quadro 13 – Concentração ác.glutâmico (variedade/parcela/colheita) em g/l.**

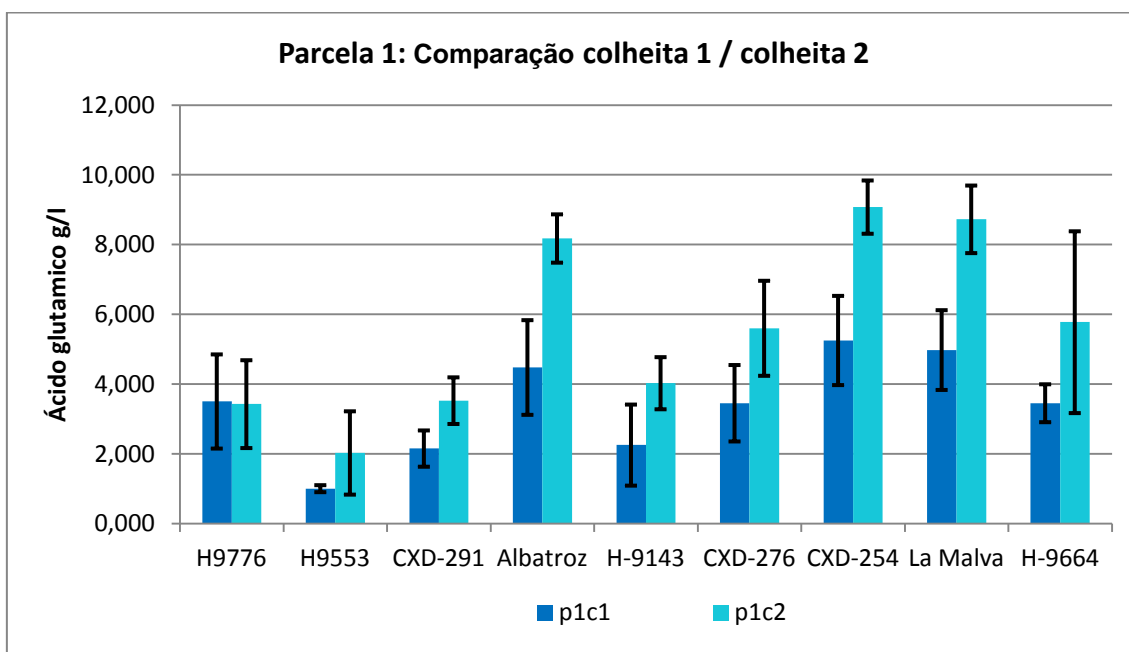
Tratamentos	H9776	H9553	CXD-291	Albatroz	H-9143	CXD-276	CXD-254	La Malva	H-9664
<b>p1c1</b>	3,50	1,00	2,15	4,48	2,25	3,45	5,25	4,98	3,45
<b>P1c2</b>	3,43	2,03	3,53	<b>8,18</b>	4,03	5,60	<b>9,08</b>	<b>8,73</b>	5,78
<b>P2c1</b>	7,40	5,70	4,12	2,92	2,95	4,10	4,35	4,95	3,50
<b>P2c2</b>	6,18	5,18	2,75	3,88	2,98	3,65	2,88	3,05	6,08

**Quadro 14 – Desvio padrão Concentração ác. glutâmico**

	H9776	H9553	CXD-291	Albatroz	H-9143	CXD-276	CXD-254	La Malva	H-9664
<b>p1c1</b>	1,35	-0,10	0,52	1,36	1,6	1,10	1,28	1,14	0,54
<b>P1c2</b>	0,85	0,99	1,05	0,57	0,94	0,91	2,78	1,02	0,64
<b>P2c1</b>	1,29	0,31	0,83	0,19	0,24	0,49	0,76	0,91	0,18
<b>P2c2</b>	1,26	1,19	0,67	0,69	0,75	1,36	0,76	0,97	2,61

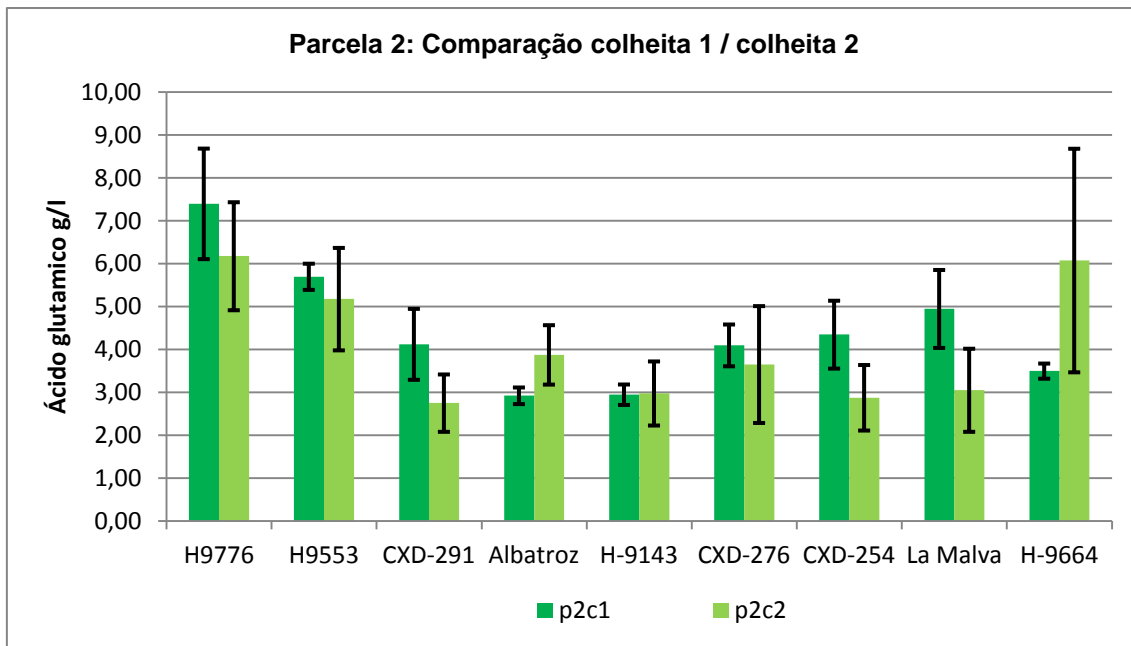
Ao analisar o comportamento das variedades na parcela 1, verifica-se que em todas as variedades, á exepção da H9776, a concentração de ácido glutâmico é superior na segunda colheita; destacam-se com os acréscimos mais

significativos as variedades Albatroz, CXD-254 e La Malva que são também as variedades que apresentaram a maior concentração de ácido glutâmico neste ensaio com 8,18 g/l, 9,08 g/l e 8,73 g/l respectivamente (**Figura 19**).



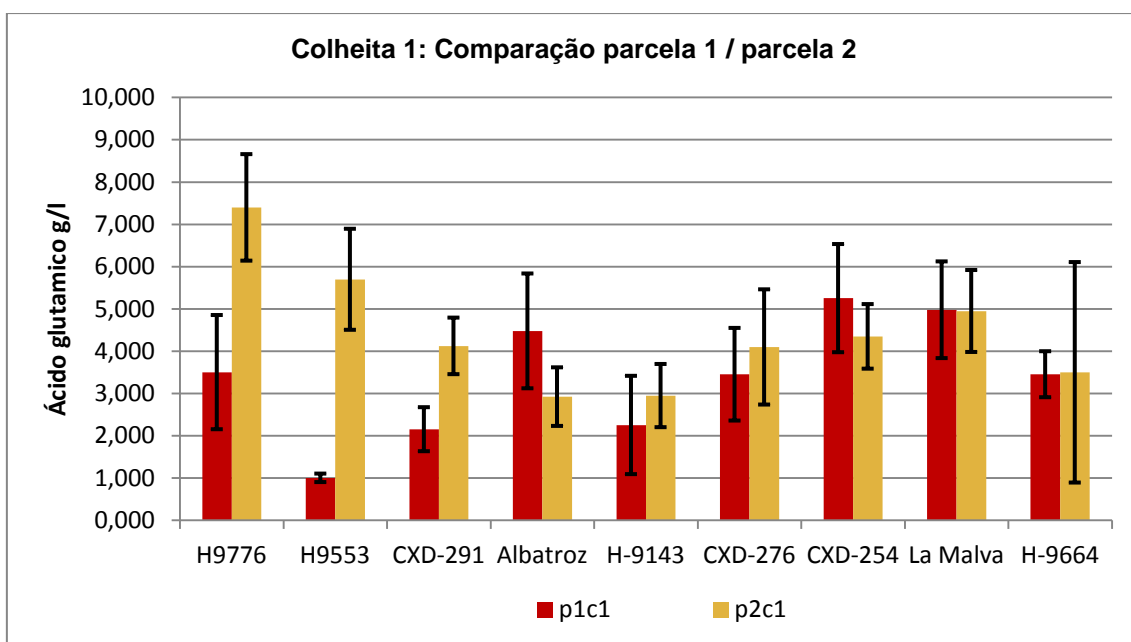
**Figura 19** – Comparação entre colheitas na parcela 1 - teor de ác.glutâmico.

Na parcela 2, verifica-se que todas as variedades, á excepção da Albatroz e H-9664, apresentam menor quantidade de ácido glutâmico na segunda colheita. O valor mais alto (7,40g/l) foi obtido na variedade H9776 na primeira colheita (**Figura 20**).



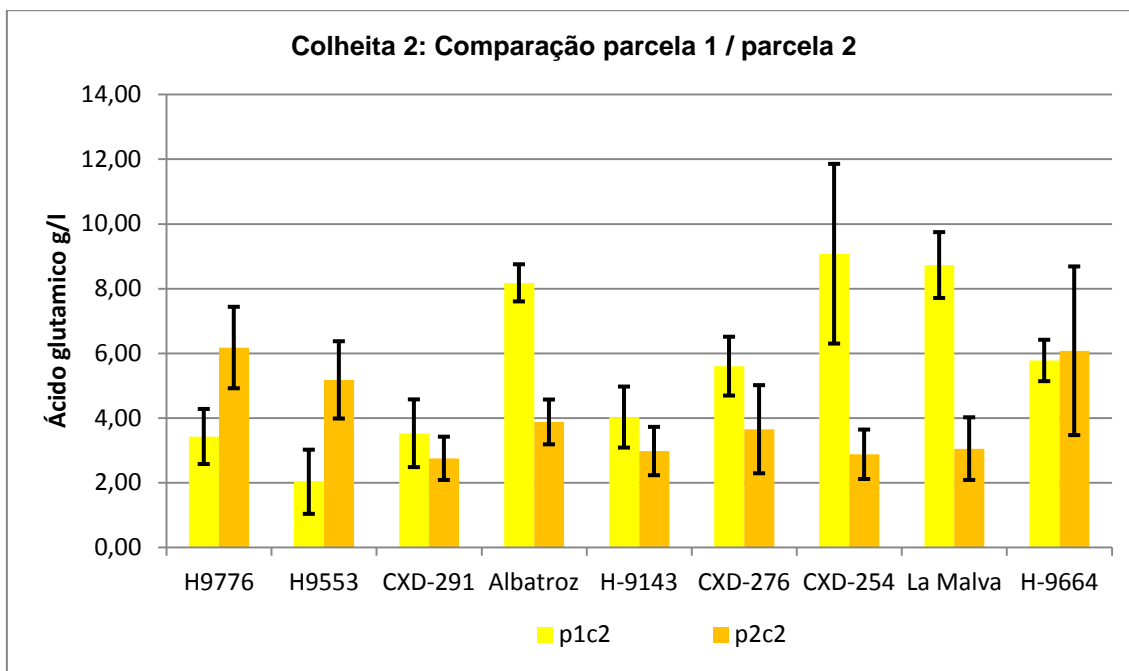
**Figura 20** - Comparação entre colheitas na parcela 2 - teor de ác.glutâmico

Analisando as parcelas em função da primeira colheita verifica-se que as variedades H9776, H9553, CXD-291, H9143 e CXD-276 obtiveram maior concentração de ácido glutâmico na parcela 2, enquanto as variedades Albatroz, CXD-254, obtiveram a maior concentração na parcela 1 (**Figura 21**).



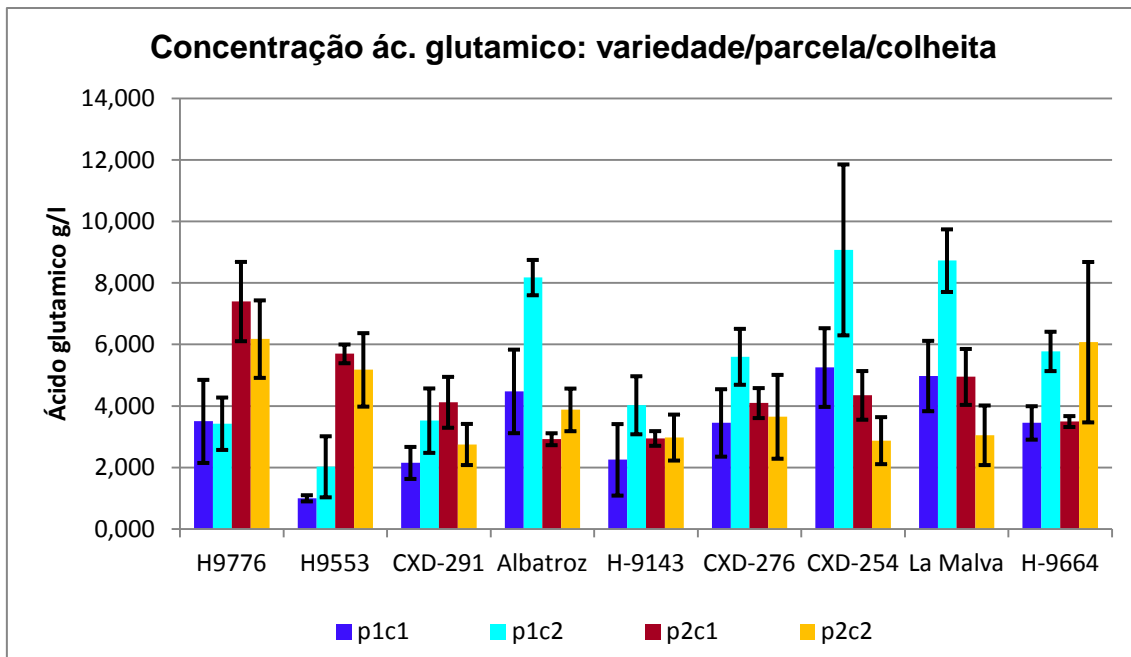
**Figura 21** - Comparação entre parcelas na colheita 1 - teor de ác.glutâmico

Quanto á colheita 2 verifica-se que as variedades H-9776 e H-9553 obtiveram maior quantidade de ácido glutâmico na parcela 2, enquanto as variedades CXD-291, Albatroz, H-9143, CXD-276 e La Malva tiveram a maior concentração na parcela 1 (Figura 22).



**Figura 22** - Comparação entre parcelas na colheita 2 - teor de ác.glutâmico

Pela análise dos dois campos e de todas as variedades, verifica-se que as aquelas que apresentaram maior concentração de ácido glutâmico foram as variedades Albatroz, CXD-254 e la Malva na parcela 1 e na colheita 2 com 8,18 g/l, 9,08 g/l e 8,73 g/l respectivamente (Figura 23).



**Figura 23** – Comparação das variedades em função da parcela e da colheita

#### 4.2 - Comparação dos valores médios de ácido glutâmico em relação à parcela 1, nos diferentes períodos de colheita.

Os valores médios para todas as amostras de ácido glutâmico obtidos nas diferentes variedades de tomate neste estudo, seguem aproximadamente uma distribuição normal (Teste de Kolmogorov Smirnov).

Assim, foi realizado um teste à diferença entre médias dos valores de ácido glutâmico para as duas amostras na parcela 1 nos dois períodos de colheita, tendo-se rejeitado a hipótese dessa mesma diferença ser zero com um nível de significância de 5% (Quadro 15). Por outras palavras, rejeitamos a hipótese das médias das duas populações serem iguais, concluindo que existe diferença entre esses valores médios e assim concluir de imediato que existe um período de colheita melhor. Sendo as diferenças negativas o melhor período de colheita relativamente à parcela 1 é sem dúvida a colheita mais tardia.

Nesta parcela a variedade CXD-254 registou o melhor desempenho com um valor máximo de ácido glutâmico de 9,077 na segunda colheita e a variedade H9553 registou o pior registo em ambas as colheitas.

Verificamos uma maior variabilidade dos valores médios relativamente à média nos valores obtidos na colheita 2 (desvio padrão aproximado 2,6), comparativamente com valores da primeira colheita (desvio padrão aproximado 1,4), sendo estes mais concentrados em torno do valor médio (Quadro 16).

**Quadro 15** – Estatística descritiva

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Parcela 1 Colheita 1	9	1,003	5,253	3,39189	1,401679
Parcela 1 Colheita 2	9	2,027	9,077	5,59644	2,569040

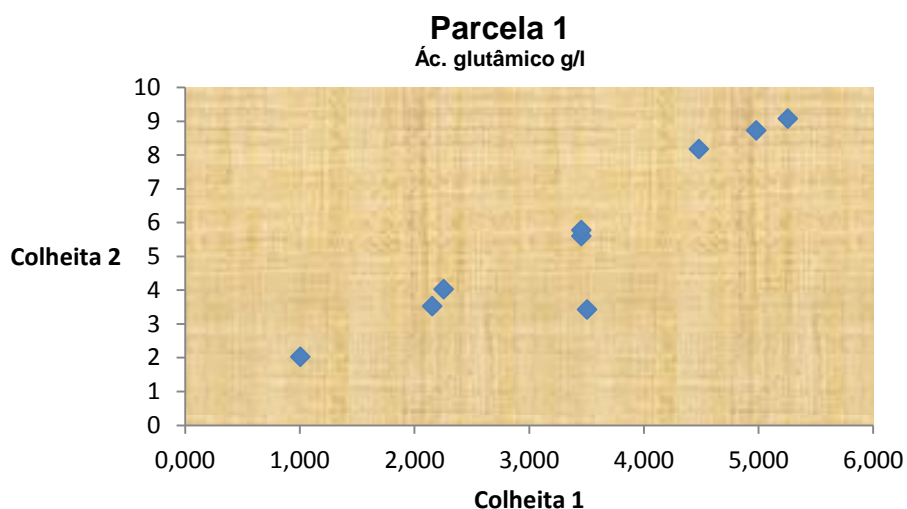
**Quadro 16** – Teste amostra emparelhada

		Diferenças entre pares				t	Sig. (2-tailed)
-	Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão	95% Intervalo confiança			
				Inferior	Superior		
Parcela 1 Colheita 1	-2,204556	1,356856	0,452285	-3,24752	-1,16158	-4,874	0,001
Parcela 1 Colheita 2							

\*\* . Correlação significativa para 0,01

Numa primeira análise o gráfico de dispersão dos valores das duas amostras (**Figura 24**) está de acordo com o valor do coeficiente obtido no **Quadro 17**, verificamos uma forte correlação entre os valores de ácido glutâmico nas duas colheitas. Podemos dizer que existindo um aumento do ácido até à primeira colheita, este também aumenta de forma linear na segunda, concluindo mais uma vez que o ácido glutâmico aumenta no segundo período e que seria

possível prevê-lo com uma forte precisão a partir dos valores da primeira colheita.



**Figura 24** – Ácido glutâmico (g/l) em função da colheita

**Quadro 17** – Correlação entre colheitas – Parcela 1

	N	Correlação	Sig.
Parcela 1 Colheita 1	9	0,934	0,000
Parcela 1 Colheita 2			

#### 4.3 - Comparação dos valores médios de ácido glutâmico em relação à parcela 2, nos diferentes períodos de colheita.

Foi elaborado um estudo semelhante para as amostras dos valores médios em relação à parcela 2. Os outputs apresentaram valores significativamente diferentes relativamente à parcela 1.

Para esta parcela, a média da amostra do ácido na colheita 1 foi superior à da colheita 2, mas consideravelmente mais baixo que a média obtida na colheita 2 da primeira parcela (**Quadro 18**).

Nesta parcela a variedade H9776 registou o melhor desempenho com um valor máximo de ácido glutâmico de 7,399 na primeira colheita e a variedade CXD-291 registou o pior registo na segunda colheita.

As médias dos ácidos glutâmicos para as diferentes variedades, têm neste campo, uma variabilidade muito próxima nos dois períodos de colheita, ou seja, não se registou mudanças significativas nos valores do ácido de uma para a outra.

**Quadro 18** – Estatística descritiva

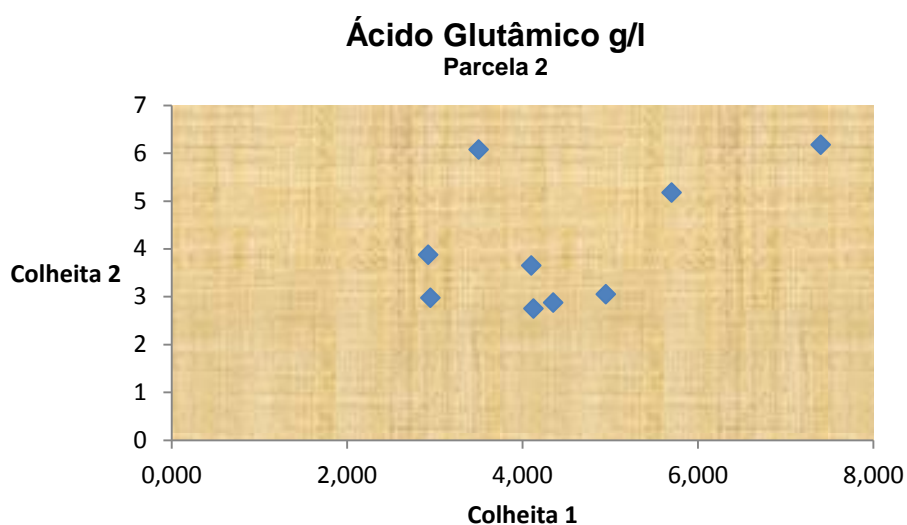
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Parcela 2 Colheita 1	9	2,924	7,399	4,44344	1,424385
Parcela 2 Colheita 2	9	2,752	6,177	4,06867	1,382762

Efetuada de forma análoga o teste à diferença das médias, desta vez não rejeitamos a hipótese destas serem iguais ( $p\text{-value} = 0,448 > 0,05$ ), ou seja, podemos concluir com uma confiança de 95%, que as médias do ácido glutâmico das diferentes variedades de tomate nos dois períodos em que foram efetuados as colheitas são semelhantes, não havendo por isso diferenças significativas entre elas (Quadro 19).

**Quadro 19** – Teste amostra emparelhada

		Diferença de pares				t	Sig. (2-tailed)
Média	Desvio padrão	Média do erro padrão	95% Intervalo de confiança				
			Inferior	Superior			
Parcela 2 Colheita 1	0,374778	1,409978	0,469993	-0,709027	1,458583	0,797	0,448
Parcela 2 Colheita 2							

Analisando o gráfico de dispersão dos valores das duas amostras e comprovando com o valor do coeficiente obtido no **Quadro 20**, verificamos uma fraca relação entre os valores de ácido glutâmico nas duas colheitas. Para esta parcela não seria possível construir um modelo fiável de previsão dos ácidos das diferentes colheitas para as diferentes variedades.



**Figura 25** – Ácido glutâmico (g/l) em função da colheita

**Quadro 20** – Correlação entre colheita – Parcela 2

	N	Correlação	Sig.
Parcela 2 Colheita 1	9	0,496	0,175
Parcela 2 Colheita 2			

Podemos concluir que existe uma diferença bastante significativa entre os dois campos utilizados neste estudo. O campo 1 produziu as culturas com índice de ácido glutâmico muito superior no segundo período de colheita relativamente ao campo 2.

O campo 2 não registou diferenças significativas nos valores obtidos nas duas colheitas.

O campo 1 mostrou uma distribuição bastante previsível entre colheitas, o mesmo não sucedendo relativamente ao campo 2.

Seria interessante realizar a mesma experiência num número mais significativo de campos, uma vez, que se obteve grandes indícios de se poder estabelecer um modelo de previsão do ácido glutâmico de uma para outra colheita, sendo possível determinar melhor o período de colheita.

Por este motivo, o solo e período em que é feita a colheita tem bastante influência na produção do ácido glutâmico.

## 5. CONCLUSÕES

Em relação ao objetivo central da investigação, estudar e analisar o teor de ácido glutâmico em 9 variedades de tomate indústria, em diferentes períodos de maturação (129 e 136 dias de ciclo cultural, c1 e c2, respectivamente) nos solos de Aluvião do Vale do Tejo, podemos retirar as seguintes conclusões:

- Os dois locais apresentaram características distintas, nomeadamente, no que se refere aos parâmetros físico-químicos do solo (o campo de Aleixo é um solo com textura grosseira; em comparação com Mouchão que apresenta textura média e com concentrações de calcário total médio, e a presença de matéria orgânica com valor médio);
- Todas as variedades em estudo apresentaram um ciclo cultural igual ou superior a 110 dias;
- No campo de Mouchão as colheitas foram realizadas aos 102 e 108 dias de ciclo, o que significa que as plantas não estiveram no campo o tempo suficiente para completarem o seu ciclo cultural e nesse sentido não potenciarem todas as suas características, nomeadamente a produção de ácido glutâmico;
- Observou-se após a realização das colheitas que o campo 1 produziu culturas com índice de ácido glutâmico muito superiores no segundo período da colheita em comparação com o campo 2;
- O campo 2 registou diferenças nos valores que foram obtidos nas duas colheitas. No mesmo sentido, o campo 1 demonstrou uma distribuição muito previsível em comparação com o campo 2;
- No campo 1 todas as variedades completaram o seu ciclo cultural, a primeira colheita ocorreu aos 129 dias e a segunda aos 136 dias;

- As variedades em estudo mostraram diferenças entre elas na produção de ácido glutâmico;
- As variedades que mostraram maior apetência na produção de ácido glutâmico foram: Albatroz, La Malva e CXD-254;
- Quanto mais intensa a maturação, maior será a produção de ácido glutâmico, para isso as variedades tem de completar o seu ciclo cultural.

Seria de todo interessante estudar as variedades em mais campos e em diversas fases da maturação de modo a poder construir um modelo de previsão da produção de ácido glutâmico em cada uma.

## 6 - Bibliografia

AKIBA, Y; WATANABE, C; MIZUMORI, M; KAUNITZ, J. (2009) - Luminal l-glutamate enhances duodenal mucosal defense mechanisms via multiple glutamate receptors in rats *American Journal of Physiology: Gastrointestinal and Liver Physiology*, 297 (2009), pp. G781–G791

BELLISLE, F ; DALIX, A ; CHAPPUIS, F ; ROSSI, P ; FIQUET, V; (1996) - Monosodium glutamate affects meal-time food selection in diabetic patients *Appetite*, 26 (1996), pp. 267–276

BELLISLE, F ; MONNEUSE, M ; CHABERT, M ; LANTEAUME, M ; LOUIS-SYLVESTRE, J ; (1991). Monosodium glutamate as a palatability enhancer in the European diet *Physiology and Behavior*, 49 (1991), pp. 869–874

BELLISLE, F; (1999). Glutamate and the umami taste. Sensory, metabolic, nutritional and behavioural considerations. A review of the literature published in the last 10 years *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 23 (1999), pp. 423–438

BELLISLE, F; (2008) - Experimental studies of food choices and palatability responses in European subjects exposed to the umami taste *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17 (S1) (2008), pp. 376–379

BEYREUTHER, K; BIESALSKI, H; FERNSTROM, J; GRIMM, P; HAMMES, W; HEINEMANN U; (2007) - Consensus meeting. Monosodium glutamate. an update *European Journal of Clinical Nutrition*, 61 (3) (2007), pp. 304–313

BURRIN, D; JANECKO, M; STOLL, B; (2008). Emerging aspects of dietary glutamate metabolism in the developing gut Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 17 (S1) (2008), pp. 368–371

BURRIN, D; STOLL, B; (2009) - Metabolic fate and function of dietary glutamate in the gut American Journal of Clinical Nutrition, 90 (2009), pp. 850S–856S

DANIELS, D; JOE, G; (1995) - Diachenko Determination of free glutamic acid in a variety of foods by high-performance liquid chromatography Food Additives and Contaminants, 12 (1) (1995), pp. 21–29

DINIZ, Y; FAINE, L; GALHARDI, C; RODRIGUES, H; EBAID, G; BURNEIKO, R; (2005) - Monosodium glutamate in standard and high-fiber diets. Metabolic syndrome and oxidative stress in rats Journal of Nutrition, 21 (6) (2005), pp. 749–755.

FREEMAN, M; (2006) - Reconsidering the effects of monosodium glutamate. A literature review Journal of American Academy of Nurse Practitioners, 18 (10) (2006), pp. 482–486.

FUKE, S; SHIMIZU, T; (1993) - Sensory and preference aspects of umami Trends in Food Science and Technology, 4 (1993), pp. 246–251.

GIACOMETTI, T; (1979) - Free and bound glutamate in natural products L.J. Filer, S. Garattini, M.R. Kare, W.A. Reynolds, R.J. Wurtman (Eds.), Glutamic acid: advances in biochemistry and physiology, Raven Press, New York (1979), pp. 25–34.

GOULD, N; MOBINI, S; PRESCOTT, J; YEOMANS, M; (2008) - Acquired liking and intake of a novel soup conditioned by monosodium glutamate in humans *Appetite*, 51 (2008), pp. 751–764

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGY (IFT) (1987) - Monosodium glutamate *Food Technology*, 41 (1987), pp. 134–135.

JECFA (1988) - Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives I-glutamic acid and its ammonium, calcium, monosodium and potassium salts. *Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants 1988:97–161*. New York Cambridge University Press.

KHAIRUNNISAK, M; AZIZAH, A; JINAP, S; NURUL IZZAH, A; (2009) - Monitoring of free glutamic acid in Malaysian processed foods, dishes and condiments *Food Additives and Contaminants*, 26 (4) (2009), pp. 419–426

KINOSHITA, S; UDAKA, S; SHIMENO, M; (1957) - Studies on the amino acid fermentation *Journal of Genetic and Applied Microbiology*, 3 (1957), pp. 193–205.

KONDOH, H; MALLICK, K; TORII, K; (2009) - Activation of the gut-brain axis by dietary glutamate and physiologic significance in energy homeostasis *American Journal of Clinical Nutrition*, 90 (2009), pp. 832S–837S

KONDOH, K; TORII, K; (2008) - MSG intake suppresses weight gain, fat deposition and plasma leptin levels in male Sprague–Dawley rats *Physiology and Behavior*, 95 (2008), pp. 135–144

KONOSU, S; HAYASHI, T; YAMAGUCHI, K ; (1987). Role of extractive components of boiled crab in producing the characteristic flavor L.J. Filer, S. Garattini, M.R. Kare, W.A. Reynolds, R.J. Wurtman (Eds.), *Glutamic acid: advances in biochemistry and physiology*, Raven Press, New York (1987), pp. 235–253.

KURIHARA, K; (2009) - Glutamate. From discovery as a food flavor to role as a basic taste (umami) *American Journal of Clinical Nutrition*, 90 (2009), pp. 719S–722S.

KURIHARA, K; KASHIWAYANAGI, M; (2000) - Basic characteristics of glutamate and umami sensing in the oral cavity and gut *Journal of Nutrition*, 130 (2000), pp. 931S–934S.

LENJEUNE, M; SMEETS, A; (2007) - Effects of a high-protein diet with or without monosodium-glutamate in combination with inosine-monophosphate-5 on 24-h energy metabolism and appetite profile *Appetite*, 49 (2007), pp. 272–341.

LÖLIGER, J; (2000) - Function and importance of glutamate for savory foods *Journal of Nutrition*, 130 (2000), pp. 915S–920S.

MALLICK, H; (2007) - Understanding safety of glutamate in food and brain *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 51 (3) (2007), pp. 216–234.

MAU, J; (2005) - The umami taste of edible and medicinal mushrooms *International Journal of Medical Mushrooms*, 7 (2005), pp. 119–125.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NAS) (1979) - The 1977 survey of the industry on the use of food additives: estimates of daily intake, vol. 3 National Academy Press, Washington, D.C.

NICHOLAS, P; JONES, S; (1991) - Monosodium glutamate in Western Australian foods *Chemistry in Australia*, 58 (1991), pp. 556–558.

NIIJIMA, A; (1991) - Effects of oral and intestinal stimulation with umami substance on gastric vagus activity *Physiology and Behavior*, 49 (1991), pp. 1025–1028.

NINOMIYA, K; (1998) - Natural occurrence *Food Review International*, 14 (1998), pp. 177–212.

NINOMIYA, K; (2001) - An overview of recent research on MSG. Sensory applications and safety *Food Australia*, 53 (2001), pp. 546–549.

NINOMIYA, Y; FUNAKOSHI, M; (1989) - Qualitative discrimination among “umami” and the four basic taste substances in mice Y. Kawamura, M.R. Kare (Eds.), *Umami: a basic taste*, Marcel Dekker, New York, NY (1989), pp. 365–385.

ORTIZ, G; BITZER-QUINTERO, O; ZÁRATE, C; RODRÍGUEZ-REYNOSO, S; LARIOS-ARCEO, F; VELÁZQUEZ-BRIZUELA, I; (2006) - Monosodium glutamate-induced damage in liver and kidney. A morphological and biochemical approach *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 60 (2006), pp. 86–91.

POPULIN, S ; MORET, S ; TRUANT, L ;. CONTE, T ; (2007) - A survey on the presence of free glutamic acid in foodstuffs, with and without added monosodium glutamate *Food Chemistry*, 104 (2007), pp. 1712–1717.

PRESCOTT, A; YOUNG, J; (2002) - Does information about MSG (monosodium glutamate) content influence consumer ratings of soups with and without added MSG? *Appetite*, 39 (2002), pp. 25–33.

PRESCOTT, J. (2004). Effects of added glutamate on liking for novel food flavors *Appetite*, 42 (2004), pp. 143–150.

RANGAN, D;. BARCELOUX, C; (2009) - Food additives and sensitivities *Disease-a-Month*, 55 (5) (2009), pp. 292–311.

REEDS, P; BURRIN, D; STOLL, B; JAHOOR, F; (2000) - Intestinal glutamate metabolism *Journal of Nutrition*, 130 (2000), pp. 978S–982S.

RHODES, C; ALISON, J; TITHERLEY, J; NORMAN, R; WOOD, D; LORD, J; (1991) - A survey of the monosodium glutamate content of foods and an estimation of the dietary intake of monosodium glutamate *Food Additives and Contaminants*, 8 (3) (1991), pp. 265–274.

RITTHAUSEN, K. (1913) - On a procedure for separating inosinic acid *Journal of Tokyo Chemical Society*, 34 (1913), pp. 751–757.

SCF (1991). Reports of the Scientific Committee for Food on a First Series of Food Additives of Various Technological Functions, Commission of the European Communities, Reports of the Scientific Committee for Food, 25th Series. Brussels, Belgium.

SCHIFFMAN, S; (1998) - Sensory enhancement of foods for the elderly with monosodium glutamate and flavors Food Review International, 14 (1998), pp. 321–333.

SCHWARTZSTEIN, M; KELLEHER, S; WEINBERGER, J; WEISS, J; DRAZEN, R; (1987) - Airway effects of monosodium glutamate in subjects with chronic stable asthma Journal of Asthma, 24 (1987), pp. 167–172.

SHIFFMAN, S; WARWIC, Z; (1993) - Effect of flavor enhancement of foods for the elderly on nutritional status. Food intake, biochemical indices, and anthropometric measures Physiology and Behavior, 53 (1993), pp. 395–402.

SIMON, R; (2000) - Glutamate safety in the food supply-additive-induced urticaria. Experience with monosodium glutamate (MSG) Journal of Nutrition, 130 (2000), pp. 1063S–1066S.

SKURRAY, G; PUCAR, N; (1988) - L-Glutamic acid content of fresh and processed foods Food Chemistry, 27 (1988), pp. 177–180.

STOLL, B; HENRY, J; REEDS, J; YU, F; JAHOR, D; BURRIN, D; (1998) - Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets Journal of Nutrition, 128 (1998), pp. 606–614.

TOMOE, M; INOUE, Y; SANBE, A; TOYAMA, K; YAMAMOTO, S; KOMATSU, T; (2008) - Clinical trial of glutamate for the improvement of nutrition and health in the elderly Annals of the New York Academy of Sciences, 1170 (2008), pp. 82–86.

TOYAMA, A; TOMOE, B; INOUE, B; SANBE, S; YAMAMOTO, K; (2008) - A possible application of monosodium glutamate to nutritional care for elderly people *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 31 (10) (2008), pp. 1852–1854.

TSURUGIZAWA, T; UEMATSU, A; NAKAMURA, E; HASUMURA, M; HIROTA, M; (2009) - Mechanisms of neural response to gastrointestinal nutritive stimuli. The gut-brain axis *Gastroenterology*, 137 (2009), pp. 262–273.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (USDHHS) (1958) - Subpart A General Provisions: substances that are generally recognized as safe. Code of Federal Regulations: Food and Drugs 21, No. 182.1(a).

UNEYAMA, ;. NIIJIMA, A; GABREI, K; TORII, K; (2006) - Luminal amino acid sensing in the rat gastric mucosa *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 291 (2006), pp. 1163–1170

UNEYAMA, A; GABRIEL, M; KAWAI, M; TOMOE, K; TORII, K; (2008) - Physiological role of dietary free glutamate in the food digestion *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17 (S1) (2008), pp. 372–375.

WALKER, J; LUPIEN, R; (2000). Glutamate safety in the food supply-the safety evaluation of monosodium glutamate *Journal of Nutrition*, 130 (2000), pp. 1049S–1052S.

[www.ajinomoto.com/](http://www.ajinomoto.com/) ( consultado em 2013-03-13)

[www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html](http://www.ajinomoto.com/en/rd/topics/detail/umami.html) ( consultado em 2013-03-13)

[www.glutamate.org/pt/media/Glutamato\\_e\\_sabor](http://www.glutamate.org/pt/media/Glutamato_e_sabor) (consultado em 2013-03-03)

[www.kdfrutas.com.br/saibamais/tomate](http://www.kdfrutas.com.br/saibamais/tomate) (consultado em 2013-03-13)

YAMAGUCHI, S; (1987) - Fundamental properties of umami in human taste sensation Y Kawamura, M.R. Kare (Eds.), Umami: a basic taste, Marcel Dekker, New York, NY (1987), pp. 41–73.

YAMAGUCHI, S; KIMIZUKI, A; (1979) - Psychometric studies on the taste of monosodium glutamate L.J. Filer, S. Garattini, M.R. Kare, W.A. Reynolds, R.J. Wurtman (Eds.), Glutamic acid: advances in biochemistry and physiology, Raven Press, New York, USA (1979), pp. 35–54.

YAMAGUCHI, S; NINOMIYA, K; (2000) - Umami and food palatability Journal of Nutrition, 130 (2000), pp. 921S–926S.

YAMAGUCHI, S; TAKAHASHI, C; (1984) - Interactions of monosodium glutamate and sodium chloride on saltiness and palatability of a clear soup Journal of Food Science, 49 (1) (1984), pp. 82–85.

YAMAMOTO, M; TOMOE, K; TOYAMA, M; KAWAI, H; UNEYAMA, H; (2009) - Can dietary supplementation of monosodium glutamate improve the health of the elderly? American Journal of Clinical Nutrition, 90 (2009), pp. 844S–849S.

YANG, M; DROUIN, M; HERBERT, Y; MAO, J; KARSH, J; (1997) - The monosodium glutamate symptom complex. Assessment in a double-blind, placebo-controlled, randomized study Journal of Allergy and Clinical Immunology, 99 (1997), pp. 757–762.

YEOMANS, N; GOULD, S; MOBINI, J; PRESCOTT, J; (2008) - Acquired flavor acceptance and intake facilitated by monosodium glutamate in humans *Physiology and Behavior*, 93 (2008), pp. 958–966.

ZAI, M; KUSANO, H; HOSAKA, Y; SHIMOYAMA, A; NAGOSHI, M; (2008) - Monosodium l-glutamate added to a high-energy, high-protein liquid diet promotes gastric emptying *American Journal of Clinical Nutrition*, 89 (2008), pp. 431–435.

ZOLOTAREV, R; KHROPYCHEVA, H; UNEYAMA, K; TORII, K; (2009) - Effect of free dietary glutamate on gastric secretion in dogs *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1170 (2009), pp. 87–90.