

ID: 551

Chemicals That Enhance Food Flavor

Sandra Öz¹, Alev Yüksel Bilsel²

¹ Gastronomy and Culinary Arts Master Program, Institute of Graduate Students, İstanbul Aydın University, Türkiye

²Department of Gastronomy and Culinary Arts, Faculty of Arts and Social Sciences, İstanbul GalataUniversity, İstanbul, Türkiye

Abstract

Flavor enhancement is a crucial aspect of culinary arts, contributing significantly to the enjoyment and palatability of foods. This paper aims to provide a comprehensive review of substances and chemicals commonly used to enhance food flavors. Beginning with an overview of the importance of flavor in food perception, the paper explores various categories of flavor enhancers, including monosodium glutamate (MSG), salt, sucrose, nucleotides, maltol, ethyl maltol and cyclamate. Each section examines the chemical properties, mechanisms of action, culinary applications, and potential health implications of these flavor enhancers. Additionally, the paper discusses emerging trends and innovations in flavor enhancement, highlighting the ongoing research efforts in this field. Through this review, readers will gain a deeper understanding of the science behind flavor enhancement and its multifaceted role in culinary creativity and consumer satisfaction.

Key Words: *Gastronomy, Food Chemicals, Flavor Enhancement*

Gıda Lezzetini Arttıran Kimyasallar

Özet

Lezzet artırma, mutfak sanatlarının önemli bir yönüdür ve gıdaların keyif ve lezzetine önemli ölçüde katkıda bulunur. Bu çalışma, gıda aromalarını geliştirmek için yaygın olarak kullanılan maddeler ve kimyasallar hakkında kapsamlı bir inceleme sunmayı amaçlamaktadır. Gıda algısında lezzetin önemine genel bir bakışla başlayan makale, monosodyum glutamat (MSG), tuz, şeker, nükleotidler, maltol, etil maltol ve siklomat dahil olmak üzere çeşitli lezzet artırıcı kategorilerini incelemektedir. Her bölümde bu lezzet arttırıcıların kimyasal özellikleri, etki mekanizmaları, mutfak uygulamaları ve potansiyel sağlık etkileri incelenmektedir. Ayrıca, bu alanda devam eden araştırma çabalarını vurgulayarak, lezzet artırma konusunda ortaya çıkan eğilimleri ve yenilikleri tartışmaktadır. Bu derleme sayesinde okuyucular, lezzet arttırmanın ardındaki bilimi ve lezzet arttırmanın mutfak yaratıcılığı ve tüketici memnuniyetindeki çok yönlü rolünü daha iyi anlayacaklardır.

Anahtar Kelimeler: *Gastronomi, Gıda Kimyasalları, Lezzet Artırma*

Giriş

Gıda ürünleri, koku ve tatlarına katkıda bulunan birçok bileşen içermektedir. Bunlar, tüketici tercihlerini etkileyen ana faktörlerden önemli iki bileşeni temsil etmektedir. Bu nedenle, gıda aromasının kimyası, ürünlerin ticari başarısını etkileme potansiyeli nedeniyle gıda araştırmalarında büyük ilgi gören bir konudur. Bu durum, gıda araştırmaları ve ürün geliştirme projelerinde kimyasal tanımlama ve duyuşal değerlendirmeyi önemli kılmaktadır. Analitik tekniklerdeki son gelişmeler ve farklı kimyasal-duyuşal yaklaşımları birleştirme yeteneği, aroma kimyası, duyuşal profiller ve gıda tüketici tercihleri arasındaki ilişkileri araştıran heyecan verici bir araştırma çizgisine yol açmıştır. Şimdiye kadar, gıdalardaki bileşenleri tanımlamak için çok sayıda teknik uygulanmıştır (Sanstis, 2024). İki önemli bileşenden biri olan Lezzet; tat, aroma ve ağız hissini kapsayan çok boyutlu bir duyuşal deneyimdir ve gıdaların kabulü ve keyif alınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Doğal bileşenler gıdaların içsel lezzetine katkıda bulunurken, şefler ve gıda üreticileri tarafından lezzet profillerini geliştirmek ve yoğunlaştırmak için genellikle çeşitli maddeler ve kimyasallar kullanılmaktadır. Bu lezzet arttırıcılar tat reseptörleri, koku reseptörleri ve diğer duyuşal mekanizmalarla etkileşime girerek tat ve aroma algısını artırır. Lezzet arttırmanın altında yatan ilkeleri anlamak mutfak profesyonelleri, gıda bilimcileri ve tüketiciler için çok önemlidir. (Spence, 2015). Maddelerin ve kimyasalların kullanımı yoluyla gıda lezzetlerinin artırılması, dünya çapında mutfak geleneklerine derinlemesine yerleşmiş çok yönlü bir uygulamadır. Baharat ve ot kullanan eski uygarlıklardan sentetik bileşiklerden yararlanan modern gıda endüstrilerine kadar, tatları yoğunlaştırma, değiştirme veya tamamlama arayışı gastronomide itici bir güç olmuştur. Bu arayış, yalnızca geliştirilmiş tatlardan elde edilen duyuşal zevkten değil, aynı zamanda gıda üretimi ve tüketiminin kültürel, ekonomik ve teknolojik boyutlarından da kaynaklanmaktadır (Doğan & Özdemir, 2022).



Lezzet artırma, özünde kimyasal bileşim, duyuşsal algı ve kültürel tercihler arasındaki karmaşık bir etkileşimi içermektedir. Lezzet artırıcı maddelerin ve kimyasalların tat reseptörlerimiz ve koku alma sistemimizle etkileşime girdiği mekanizmaları anlamak, mutfak simyasının inceliklerini çözmek için gereklidir. Dahası, bu uygulamaların ortaya çıktığı tarihi ve kültürel bağlamları keşfetmek, mutfak geleneklerinin ve beslenme alışkanlıklarının evrimi hakkında değerli bilgiler sağlar (Mouritsen, 2015).

Son yıllarda, gıda bilimi ve teknolojisindeki gelişmeler, yeni aroma bileşiklerinin ve katkı maddelerinin geliştirilmesine yol açarak şeflerin ve gıda üreticilerinin kullanabileceği araç repertuarını genişletmiştir (Keast & Brestlin, 2002). Ancak bu yeniliklerin yanı sıra güvenlik, düzenleme ve tüketici algısı ile ilgili zorluklar da ortaya çıkmıştır. Lezzet artırıcı maddelerin sorumlu bir şekilde kullanılması, potansiyel sağlık etkilerinin incelikli bir şekilde anlaşılmasını ve şeffaflık ve bilinçli tüketici seçimine ilişkin etik hususları gerektirir (Thomas et al., 2022). Lezzet artırmanın bilimsel, tarihi ve sosyo-kültürel boyutlarının incelenmesi, gıda ve lezzetin sürekli gelişen manzarasında gelenek ve yenilik arasındaki karmaşık etkileşimin aydınlatılması adına önem arz etmektedir. Buradan hareketle bu çalışma, gıda aromalarını geliştiren ve lezzet artırmada yaygın olarak kullanılan temel maddeler ve kimyasalların derinlemesine incelenmesini sağlayarak bunların etki mekanizmalarına, mutfak uygulamalarına ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerine kimya ve gastronomi alanlarındaki görüşlerden yararlanarak, kapsamlı bir genel bakış sağlamayı amaçlamaktadır.

Monosodyum Glutamat (MSG)

MSG, güvenliğini ve etkinliğini çevreleyen yanlış anlamalar nedeniyle önemli tartışmalara yol açan bir lezzet arttırıcıdır. Glutamik asit bir sodyum tuzudur ve bu tuz monosodyum glutamattır. Doğada, genellikle glutamik asit olarak adlandırılan glutamat tipik bir amino asittir. Neredeyse tüm dokularda bulunabilir ve çok sayıda protein ve peptidin yapı taşıdır. Ticari olarak pekmezin fermente edilmesiyle elde edilir, ayrıca diğer fermente protein ürünlerinin yanı sıra soya sosu ve hidrolize bitkisel proteinde de bulunur. Vücut ayrıca insan metabolizması için gerekli olan glutamati da üretir. (Kurihara, 2009).

Kimyasal olarak MSG, umami tat algısındaki rolüyle bilinen bir amino asit olan glutamik asidin sodyum tuzudur. MSG ilk olarak 1908 yılında Japon mutfağında et suyu (dashi) olarak kullanılan yenilebilir bir deniz yosunu olan kombu'nun tuzlu tadını izole etmeye ve çoğaltmaya çalışan Japon biyokimyacı Kikunae Ikeda tarafından hazırlanmıştır. MSG diğer tatların algılanmasını dengelemekte, bu lezzetleri karıştırmakta ve yuvarlamaktadır. MSG, disodyum ribonükleotidlerle birlikte stok (bulyon) küplerinde, çorbalarda, ramenlerde, et suyunda, güveçlerde, çeşnilerde, tuzlu atıştırmalıklarda vb. çeşit yemeklerde yaygın olarak kullanılmakta ve bulunmaktadır. (Yoshida & Ninomiya, 2023).

Monosodyum glutamat (MSG) genel olarak gıdalara eklendiğinde yemeklerin lezzetini artırarak yemekleri daha lezzetli ve doyurucu hale getirir. Başta Asya mutfağı olmak üzere dünya çapında çeşitli yemeklerde kullanılan yaygın bir lezzet arttırıcı olan MSG, çeşitli dünya mutfaklarında farklı yemek ve uygulamalarda kullanılmaktadır. Çin mutfağında kızartmalar, çorbalar ve soslar da dahil olmak üzere yemeklerin tuzlu tatlarını yoğunlaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Japon mutfağında Miso çorbası, ramen ve suşi pilavı gibi birçok Japon yemeği MSG ilavesinden faydalanarak umami lezzet profillerini geliştirir. Kore mutfağında kimchi ve kimchi jjigae gibi çeşitli güveçlerde MSG kullanılmaktadır. Tayland mutfağında MSG, köri, tavada kızartmalar ve Pad Thai gibi erişte yemekleri gibi Tayland yemeklerinde yaygın olarak bulunmakta ve bu yemeklerin zengin ve lezzetli tatlarına katkıda bulunmaktadır.

Genel olarak bakıldığında MSG, farklı mutfak geleneklerindeki çorbalar ve et sularında tuzlu notalarını güçlendirmek için sıklıkla eklenmektedir. Bunun yanı sıra atıştırmalık gıdalarda özellikle aromalı cipsler, hazır eriştelere ve diğer tuzlu ikramlar gibi işlenmiş atıştırmalıklarda, bunların tatlarını ve çekiciliklerini artırmak için genellikle MSG kullanılmaktadır (Schaich, 2018).

Konserve ve paketlenmiş gıdalar da MSG içermekte, özellikle birçok konserve çorba, sos ve paketlenmiş yemekte lezzet arttırıcı olarak MSG kullanımı sayesinde bu ürünlerde daha güçlü lezzet profillerine sahip olunabilmektedir. (Marti et al., 2017).

Bu örnekler, MSG'nin dünya çapında mutfak kültürlerindeki çeşitli uygulamalarını göstermekte ve çeşitli yemeklerin lezzet deneyimini yükseltmedeki rolünü ortaya koymaktadır. Geleneksel Çin besinlerinin tüketimi sonrasında ani gelişen; baş ağrısı, halsizlik, karın ağrısı, yüzde kızarma ve göğüste sıkışma hissi gibi semptomlara verilen genel rahatsızlık adı olan "Çin Restoranı Sendromu" ile ilişkisi konusundaki endişelere rağmen, çok sayıda bilimsel çalışma, makul miktarlarda tüketildiği takdirde MSG'nin güvenli olduğunu göstermiştir (Fernstrom, 2020).

Tuz (Sodyum Klorür)

Günümüzde hemen hemen tüm toplumların nispeten yüksek denilebilecek düzeyde tuz kullanımının yaygınlaşmasının, günümüzden 5.000-10.000 yıl öncesine dayanmakta olduğunu düşünüyor olması göz önüne alındığında tuz, insanlık tarihinin en eski ve en yaygın bileşenlerinden biridir. Gastronomide sadece lezzet arttırıcı bir baharat olarak lezzeti arttırmada temel bir kimyasal ajan olarak değil, gıdaları koruma kabiliyetiyle de yüz yıllardır önemli bir rol oynamaktadır. Tuzun gıda bileşenleriyle etkileşime girdiği çok yönlü yollardan söz etmek



mümkündür. Kimyasal özellikleri ve tat algısı üzerindeki etkisi nedeniyle tuz, gastronomideki tarihsel önemi ve fizyolojik etkileriyle günümüz modern uygulamalarında da önemini korumaktadır (NIH, 2010).

Bilimsel olarak kimyada sodyum klorür (NaCl) olarak bilinen tuz, kültürler ve medeniyetler arasında gastronomi ve mutfak uygulamalarına derinlemesine yerleşmiş bir mineral bileşiktir. Gıdalardaki çeşitli kimyasal ve fizyolojik süreçleri etkilediği için rolü sadece tat geliştirmenin ötesindedir. Kimyasal olarak tuz, tuzluluk algısını arttırmak için dildeki tat reseptörleri ile etkileşime giren sodyum ve klorür iyonlarından oluşur. Ayrıca tuz, tat hücreleriyle karmaşık etkileşimler yoluyla tatlılık ve acılık gibi diğer tatların algılanmasını da modüle edebilmektedir. Moleküler düzeyde tuz, mutfak etkinliğini destekleyen ayırt edici kimyasal özellikler sergilemektedir. Sodyum iyonları (Na⁺) ve klorür iyonları (Cl⁻) sulu çözeltilerde ayrılarak gıda bileşenleri üzerinde çeşitli etkiler göstermektedir. Sodyum iyonları tat reseptörlerinin aktivitesini modüle ederek tatlılık algısını artırırken, klorür iyonları tuzlu bir tat hissi şeklinde katkıda bulunmaktadır. Ayrıca tuz, su aktivitesini azaltarak koruyucu görevi görür ve böylece mikrobiyal büyümeyi ve enzimatik reaksiyonları da engellemektedir. Bu koruma mekanizması, tarih boyunca gıda muhafazasında çok önemli olmuştur (Prescott, 1999).

Lezzet açısından ele alındığında tuz, genel gıda lezzetine tuz tadından daha fazlasını vermektedir. Çeşitli gıdalar üzerinde (çorbalar, pirinç, yumurta ve patates cipsi) yapılan çalışmalarda, tuzun ürün kalınlığı algısını iyileştirdiği, tatlılığı artırdığı, metalik veya kimyasal kötü kokuları maskeleyiği ve lezzet yoğunluğunu artırırken genel lezzeti tamamladığı görülmüştür. Bu nedenle tuzun genel manada gıdalardaki fonksiyonları olarak lezzet dışında doku ve kalite kriterlerine etkisi ile mikrobiyolojik açıdan sağladığı güvenlik konuları da önem arz etmektedir (Akgün et al., 2018).

Bir gıda koruyucusu, bir doku geliştirici, bir lezzet artırıcı olması gibi temel kullanım özelliklerinin yanı sıra tuz aynı zamanda bir bağlayıcıdır. Diğer bir ifade ile tuz, protein jelleri oluşturmaya yardımcı olduğu için bağlayıcı bir madde olarak kullanılabilir. Sosis veya diğer işlenmiş etler gibi gıdalara tuz eklendiğinde, proteinlerin jellatlenmesine neden olur ve bu da ürünü bir arada tutmaktadır. Diğer yandan tuz aynı zamanda bir renk geliştiricidir. Jambon veya sosisli sandviç gibi birçok işlenmiş et türünün canlı rengi kısmen tuzdan kaynaklanmaktadır. Tuzun varlığı rengin gelişmesine ve korunmasına yardımcı olur ve griye dönüşmesini önler. Tuz, ayrıca ekmek kabuğundaki karamelizasyonu artırarak altın rengini almasına da yardımcı olan maddedir. Elbette gıda içerisinde etkisi anlamında sayılan bunca özelliğine son olarak tuzun önemli bir besin kaynağı oluşu da eklenmelidir. Saf sofraya tuzu yaklaşık yüzde 40 sodyum ve yüzde 60 klorürden oluşur. Dünya genelinde çoğu insan gereğinden çok fazla sodyum tüketiyor olsa da sodyum hayatta kalmak için gerekli olan bir besin maddesidir. Sodyum, kasların gevşemesine ve kasılmasına yardımcı olmak, sinir uyarılarını iletmek ve vücuttaki mineral ve su dengesini korumak için gereklidir. Hatta Amerika Birleşik Devletleri'ndeki sofraya tuzlarının çoğuna, guatr da dahil olmak üzere tiroit bozukluklarına neden olabilen iyot eksikliklerini önlemek için iyot da eklenmiştir (Moncel, 2022).

Çağdaş gastronomide tuz, günümüzde yeni keşfedilen birçok mutfak teknikleri ve uygulamalarına rağmen, temel bir bileşen olmaya devam etmektedir. Şefler yemeklere farklı dokular ve tatlar kazandırmak için koşer tuzu, deniz tuzu ve aromalı tuzlar gibi çeşitli tuz türlerini kullanmaktadır. Dahası, moleküler gastronominin ortaya çıkışı, lezzet ve dokuyu geliştirmek için tuzla kürlenme, tuzla fırınlama ve tuzla yaşlandırma gibi tuzun yenilikçi kullanımlarını kolaylaştırmıştır. Fakat bu gelişmelerin sağladığı imkanlarla birlikte, sodyum içeriği yüksek işlenmiş gıdaların da yaygınlaşması, aşırı tuz tüketimini kolaylaştırmakta ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri konusunda endişelere yol açmaktadır.

Tuzun gastronomide yaygın kullanımı, etik ve sağlık üzerindeki etkilerinin incelikli bir şekilde anlaşılmasını gerektirmektedir. Tuz, lezzet dengesi ve mutfak gelişimi için gerekli olsa da aşırı tuz alımı hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalık gibi sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir (Sun et al., 2022).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) kalp-damar hastalıklarının önlenmesi için bireylerin günde 5 gramdan daha az tuz tüketmesini önermektedir. Ancak dünya çapında tuz tüketiminin günlük 9-12 gram olduğunu belirten DSÖ, tuz tüketiminin önerilen miktara düşürülmesinin kan basıncı ve kalp-damar hastalıkları üzerinde büyük bir etkisinin olabileceğini ifade etmektedir (WHO, 2024). Bu bağlamda, ulusal ve uluslararası düzeyde yetkili kurumlar tarafından tuz azaltma programları hayata geçirilerek dünya çapında tuz tüketiminin azaltılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, şefler ve gıda üreticileri tuzu tariflere dahil ederken dikkatli olmakta ve sağlık sonuçlarından ödün vermeden lezzet optimizasyonuna öncelik vermektedirler. Ayrıca, tüketicileri aşırı tuz alımının zararlı etkileri konusunda eğitime çabaları, daha sağlıklı beslenme alışkanlıklarını teşvik etmek için gereklidir. Buradan hareketle şefler ve tüketiciler, tuz yerine geçen çeşitli maddeler ve lezzet artırıcılar da kullanılabilir. Yemeklerle birlikte alınan sodyum seviyesini düşürmek amacıyla yapılan tercihlerden biri NaCl bileşeni yerine geçebilecek maddeler, yani kişiye tuz lezzetini sağlayan ama sodyum ihtiva etmeyen maddelerdir. Bunlara örnek olarak magnezyum klorür, potasyum klorür, potasyum laktat, kalsiyum klorür, amonyum klorür ve benzeri mineral tuzları ile bazı dipeptitler veya lizin, arjinin gibi aminoasitler, alternatifler olarak kullanılabilir. Fakat bu gibi alternatif maddeler, nihai gıdada acılık, metalimsi veya buruk tatlar şeklinde arzu edilmeyen tatlara neden olabilmektedir (Akgün et al., 2018).



Sonuç olarak tuz, lezzet, muhafaza ve tat algısı üzerinde önemli etkiler yaratarak gastronominin en önemli kimyasal maddelerinden biri olarak hizmet vermektedir. Tarihsel önemi, karmaşık kimyası ile birleştiğinde, dünya çapında mutfak uygulamalarındaki vazgeçilmezliği ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, aşırı tuz alımıyla ilişkili olumsuz sağlık etkilerini azaltmak için bilinçli tüketim ve etik hususlar çok önemlidir. Şefler ve tüketiciler, tuzu makul ve sorumlu bir şekilde benimseyerek, halk sağlığını koruyucu tedbirler alabilmektedir.

Sükroz (Sofra Şekeri)

Genellikle sofrası şekeri olarak bilinen sükroz, gıda ve gastronomi alanlarında çok yönlü bir rol oynamaktadır. Genellikle şeker kamışı veya şeker pancarından elde edilen tatlandırıcı bir madde olarak birincil işlevinin ötesinde sükroz, çeşitli mutfak kreasyonlarının dokusuna, lezzetine ve genel duyuusal deneyimine katkıda bulunmaktadır. Sükrozun gıda hazırlamadaki çeşitli uygulamalarını, gastronomideki önemini, kimyasal özelliklerinin, mutfakta kullanımının ve kültürel etkilerinin anlaşılması, sükrozun dünya çapında mutfak geleneklerini şekillendirmedeki rolünün de anlaşılması için önemlidir (Clark, 1995; Godshall, 1995).

Glikoz ve fruktoz moleküllerinden oluşan bir disakkarit olan sükroz, mutfak dünyasında her yerde bulunmaktadır. Tatlı tat profili, onu tatlılardan tuzlu yemeklere kadar çok sayıda tarifte temel bir bileşen haline getirmektedir. Bununla birlikte, sükrozun rolü sadece tatlılığın ötesine uzanmakta, onun kimyasal özellikleri gıda dokusunu, stabilitesini ve karamelizasyonunu etkilemektedir (Clark, 1995). Dahası, sükroz genellikle misafirperverliği, kutlamayı ve hoşgörüyü simgeleyen kültürel bir öneme de sahiptir.

Lezzet artırma açısından sükroz, birçok gıdanın lezzetini artırabilen çok yönlü bir tatlandırıcıdır. Sadece tatlılık katmakla kalmayarak aynı zamanda gıdaların dokusuna ve ağızda bıraktığı hisse de katkıda bulunmaktadır. Sükroz, hoş olmayan tatları maskeleyebilmekte ve bazı gıdaların asitliğini dengeleyerek onları daha lezzetli hale getirebilmektedir. Örneğin, domates bazlı ürünlerde sükroz domatesin ekşiliğini ve acılığını azaltmaya ve genel lezzeti arttırmaya yardımcı olabilmektedir. Ayrıca sükroz, baharat ve otların lezzetini de tamamlayarak daha belirgin ve keyifli hale getirebilmektedir. Lezzet arttırıcılığının yanı sıra sükrozun gastronomide çeşitli başka kullanım amaçları da mevcuttur ve bunlar arasında muhafaza özelliğinden de istifade edilmektedir. Sükroz, bozulmayı önleme ve raf ömrünü uzatma özelliği nedeniyle gıda muhafazasında sıklıkla kullanılmaktadır. Gıdalara eklendiğinde, su molekülleriyle bağlanıp gıdaların su aktivitesini düşürerek bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların büyümesini ve çoğalmasını zorlaştırmaktadır. Bu sayede koruyucu olarak da işlevselliğe sahip olan sükroz kullanımı ile bakteri, maya ve küf oluşumu önlenilebilmekte ve gıdalar daha uzun süre taze tutabilmektedir. Bu özelliği nedeniyle sükroz, reçel, jöle ve konserve gibi bozulmaya eğilimli gıdalarda önem arz etmektedir. Piyasada çok sayıda ve çeşitte bulunan tatlandırıcılarla kıyaslandığında sükroz, benzersiz özellikleri nedeniyle gıda üreticileri için popüler bir seçim olmaya devam etmektedir. Örneğin, aspartam ve sakarin gibi yapay tatlandırıcılar genellikle şeker ikamesi olarak kullanılmakta, ancak sükroz ile aynı lezzet ve dokuyu sağlayamamaktadırlar (FasterCapital, 2024).

Ayrıca, bazı yapay tatlandırıcılar kilo alımı ve diyabet riskinin artması gibi sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir. Öte yandan, bal ve akçağaç şurubu gibi doğal tatlandırıcılar da oldukça pahalı olabilmekte ve sükroz ile aynı düzeyde koruma ve lezzet artışı sağlayamayabilmektedir. Sükroz kullanım alanları ve sükrozun en iyi uygulamalarının konuşulması kadar sükroz açısından öncelikle ele alınması gereken, sükrozun etkili bir koruyucu ve lezzet arttırıcı olsa da ölçülü kullanılması gerektiğidir. Aşırı sükroz tüketimi obezite, diyabet ve kalp hastalığı da dahil olmak üzere bir dizi sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, gıda muhafazasında sükroz kullanılırken, kontaminasyonu önlemek için gıdanın uygun şekilde saklandığından ve işlendiğinden emin olmak önem arz etmektedir. Son olarak, yemek pişirmede sükroz kullanırken, uygun miktarın kullanıldığından ve yiyeceğin uygun sıcaklıkta pişirildiğinden emin olmak için tarifi dikkatlice takip etmek de çok önemlidir (FasterCapital, 2024).

Gıdalarda lezzet arttırması, tatlılık katması ya da acı hissi alması gibi lezzetleri dengelemesi, ürünleri muhafaza özellikleri dışında sükroz, yüksek lifli gıdaların tadını iyileştirilmesine, unlu mamullerde yumuşak yapının ve dondurulmuş süt ürünlerinde pürüzsüzlüğün sağlanmasına da yardımcı olarak gıdaların dokularına ve tüketicilerin ağız hislerine de etki etmektedir. Aynı zamanda farklı ürünlere hacim katarak uzun, kabarık veya yumuşak olmalarını sağlayabilmektedir. Ayrıca ısı ile (karamelizasyon) veya ısı ve proteinlerle (Maillard reaksiyonu) reaksiyona girerek unlu mamullerde ve soslarda altın kahverengi bir renk oluşturarak gıdalara renk de verebilmektedir (CSI, 2024).

Sonuç olarak sükroz, gıdaların korunmasında ve lezzetinin artırılmasında hayati bir rol oynamaktadır. Su molekülleriyle bağlanma ve su aktivitesini azaltma kabiliyeti onu etkili bir koruyucu haline getirirken, tatlı tadı ve dokusu onu birçok gıdada çok yönlü bir bileşen haline getirmektedir. Birçok tatlandırıcı mevcut olsa da sükroz bu benzersiz özellikleri nedeniyle popüler bir seçim olmaya devam etmektedir. Sükroz kullanırken, mümkün olan en iyi sonuçları elde etmek için ölçülü kullanmak ve uygun gıda güvenliği ve pişirme uygulamalarını takip etmek önem arz etmektedir.



Nükleotidler

Nükleotidler, azot içeren bazlar (sitozin, timin, guanin, adenin ve urasil), fosfat ve şeker (riboz veya deoksiriboz) içeren protein olmayan azotlu bileşiklerdir (Ding vd., 2021). Deoksiribinükleik asit (DNA) ve ribonükleik asit (RNA) gibi yaşamsal öneme sahip moleküllerin temel yapıtaşı olmalarının yanı sıra, proteinlerin ve fosfolipidlerin sentezlenmesinde ve şekerlerin dönüşümünde önemli bir rol oynarlar ve ayrıca metabolizmanın düzenlenmesinde de rol oynarlar (Ding et al., 2021; Lane & Fan, 2015). Ek olarak, çalışmalar bu bileşiklerin bağışıklık sistemi işlevini, ince bağırsağın yenilenmesini ve işlevini desteklemek ve sağlıklı yara iyileşmesini desteklemek için gerekli olduğunu göstermiştir (Carver et al., 2002).

Nükleotidler ayrıca hematopoetik sistemi indükler ve korur, trombosit agregasyonunu destekler ve güçlü anti-enflamatuar ve antiviral özelliklere sahiptir. Biyolojik aktiviteleri nedeniyle, bebekler için modifiye süt bileşeni olarak bir uygulama alanı bulmuşlardır. İlaç endüstrisinde, en yaygın olanları 5'-monofosfat üridin (UMP) ve sitidin 5'-monofosfat (CMP) olmak üzere, gıda takviyelerinde diyet nükleotidleri olarak bulunurlar. Vücudun hızlı bir restorasyona ihtiyacı olduğunda nükleotidler içeren gıda preparatlarıyla takviyeler önerilebilmektedir (Dancey et al., 2006).

Nükleotidler, et, balık ve mantar gibi gıdalarda bulunan ve umami tat algısını arttırmak için kullanılan glutamat ile sinerjik olarak çalışan bileşiklerdir. Kimyasal olarak, inozin monofosfat (IMP), guanozin monofosfat (GMP) ve ksantozin monofosfat (XMP) gibi nükleotidler, tat tomurcukları üzerindeki belirli reseptörlere bağlanarak lezzet artırıcı olarak işlev görebilmekte ve böylece lezzetli tatların algılanmasını güçlendirebilmektedir. 5'-nükleotidler RNA'nın yıkımı ile elde edilmektedir. 5'-nükleotidler *Penicillium* ve *Streptomyces* türlerinden elde edilen enzim kullanımıyla maya RNA'larından ticari olarak elde edilmektedir. Mutfak uygulamalarında nükleotidler, tuzlu yemeklerin karmaşıklığını ve zenginliğini arttırmak için genellikle glutamat bakımından zengin bileşenler veya MSG ile birlikte kullanılmaktadır (Seo et al., 2018; Yamaguchi ve Ninomiya, 2000).

Maltol

Maltol (3-hidroksi-2-metil-4-piron) gıda ve kozmetik takviyesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve antioksidan ve anti-inflamatuar aktivitelere sahiptir. Doğal bir organik bileşik olan maltol, pamuk şeker ve karamel kokusuna sahiptir. Kozmetik ve ilaç endüstrilerinin yanı sıra gıda endüstrisinde de lezzet artırıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Maltol kavrulmuş maldta bulunur ve Kore kırmızı ginsenginin ısıtılması sırasında Maillard reaksiyonu ile maltoz ve amino asitlerden sentezlenir. Maltol, iyi bilinen bir bitkisel ilaç olan Kore kırmızı ginsenginin anti-enflamatuar etkinliğini sergileyen bir molekül olarak gündemde olmuştur. Kore ve Çin de dahil olmak üzere Kuzeydoğu Asya'da uzun süredir çeşitli insan sağlığı sorunlarını iyileştirmek için de tüketilmektedir. Kore kırmızı ginsenginin ısıtılması sırasında maltol içeriği artmaktadır. Serbest radikal temizleme aktivitesi de artan maltol içeriğine bağlı olarak artmaktadır. Maltol, sinir sistemi, karaciğer, böbrek ve diyabetin çeşitli hastalıklarını iyileştirdiği bildirilen güçlü bir antioksidandır. Maltol, ginsenglerin saponin olmayan fraksiyonlarının önemli ve etkili bir bileşenidir. Kore kırmızı ginsenginin bileşimine bağlı olarak inflamazom aktivasyonunu inhibe eder veya uyarır (Ahn et al., 2022).

Güçlü bir antioksidatif ajan olan maltol tipik olarak gıdaları tatlandırması ve koruması yanında sağlık açısından da olumlu etkileri, diyabetik periferik nöropatiyi (DPN) önleme üzerine hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Nan ve arkadaşları 2018 yılında yaptıkları bir çalışmada, maltolun diyabetik hayvanlarda H₂O₂ hasarını azaltmış, DPN'yi geliştirmiş olduğu ve hayvanların metabolik mekanizmalarını arttırmış olduğu sonucuna ulaşarak, maltolun DPN tedavisinde alternatif sağlayabileceği yönünde bulgular elde etmişlerdir (Nan et al., 2018).

Gıdalar içerisindeki maltol kaynakları arasında kahve ve içecekler, pişmiş tahıllar, ekmek kabukları, karamelize gıdalar ve sükröz pirolizi veya nişastanın ısıtılması yoluyla elde edilmiş ürünler bulunmaktadır. Yüksek oranda konsantrasyonları veya diğer bileşenlerle etkileşimlerinin bir sonucu olarak maltol, gıda ürünlerinin lezzetini değiştirebilmekte ve/veya artırabilmektedir. Lezzet artırıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmakta olan maltolun en geniş kapsamlı kullanım örnekleri olarak ekmekler, kekler, malt içecekleri, çikolata ve şekerlemeler, dondurma, instant kahve ve çay, biralar, likörler ve çikolata süt gibi ürünler gösterilebilir (Altunay et al., 2017; Seo et al., 2018).

Ticari olarak fermentasyon yöntemi ile elde edilen maltol 50-250 mg/kg konsantrasyonlarında kullanılmaktadır (Seo et al., 2018). Bununla birlikte, maltol doza bağlı bir toksisite sergilmektedir. Ayrıca, maltol, alüminyumun vücuttaki oral biyo yararlanımını stabil bir alüminyum oluşumu nedeniyle büyük ölçüde artırabilmektedir. Bu nedenle Avrupa Birliği (AB) mevzuatına göre, insanlarca tüketilebilir gıdalardaki maltol bulunabilirliği 50 ila 200 mg/kg arasında değişen konsantrasyonlarda olmak şartıyla izin verilmiş, maksimum sınır 200 mg/kg olarak belirlenmiştir (Altunay et al., 2017).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından ise insan tüketimi için en fazla günde vücut ağırlığı başına 2 mg/kg kabul edilmektedir. Bu değerin üzerindeki alımlar insanlar için zararlı olabilmekte ve baş ağrısı, bulantı, kusma ve nörotoksik etkilere neden olabilmektedir. Ancak, kimyasal reaktivitesi ve matris etkileri nedeniyle maltol, çözelti içinde kolayca belirlenemez. Bu nedenle gıda ürünlerinde maltolün doğru ve



güvenilir bir şekilde belirlenmesi açısından basit, düşük maliyetli, hassas ve seçici ayırma/ön konsantrasyon yöntemleri geliştirilmesi önem arz etmektedir (Altunay et al., 2017).

Etil Maltol

Etil maltol, maltol bir metil grubu yerine bir etil grubunun dahil edilmesiyle elde edilebilmektedir. Etil maltolün moleküler yapısındaki bu küçük değişiklik, maltolden üç ila sekiz kat daha fazla aroma artışına neden olmaktadır (Anitha ve Srinivasan, 2024). Genellikle beyazımsı kristal toz görünümünde olan etil maltol yapay bir tatlandırıcı sanılsa da aslında gıdanın aromasını tatlandırır ve böylece koku duyusu yoluyla gıdanın lezzetini artırır. Bu nedenle, şeker ikamelerinin aksine, etil maltol bileşiği vücuda alındığında kan şekerini arttırmaz. Maltol molekülünden sentetik olarak üretilen bir ürün olmasına rağmen, bu bileşik Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından genel olarak güvenli (GRAS) olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, fırıncılıkta, yiyecek ve içecek üretiminde ve parfümeride güvenli ve etkili bir şekilde kullanılabilir (NutriAvenue, 2021; Anitha & Srinivasan, 2024).

Etil maltolün gıdalarda kullanımı açısından özellikleri, yoğun lezzet, diğer hammaddelerle kolay koordine edilebilirlik ve uygulanan gıdanın orijinal lezzetinin artırılması şeklinde sayılabilir. Etil maltol, şekerler, bisküvi ve fırıncılık, dondurmalar, salamura sebzeler, marinat, fındık, süt ürünleri ve soslar olma üzere geniş bir gıda yelpazesinde kullanılabilir (AIPU, 2024).

Etil maltol, karamelize şeker veya pişmiş meyve olarak tanımlanabilecek tatlı kokuya ve hafif tatlı aroma olarak tanımlanabilecek lezzete sahip bir maddedir ve genellikle gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için de genellikle şarap, dondurma, şekerleme, çikolata, bisküvi, ekmek, konserve gıda, işlenmiş et vb. ürünlerde kullanılmaktadır. Uygun maliyetli bir lezzet arttırıcıdır çünkü sadece küçük bir kullanımla (genellikle %0.01-0.1) gıdanın orijinal kokusunu önemli ölçüde arttırabilir. Ayrıca, bazı yüksek konsantrasyonlu et ürünlerinin veya baharatların kokusunu örtmeye de yardımcı olabilmektedir (AIPU, 2024; NutriAvenue, 2021).

Etil maltol kullanımı genellikle yan etkilerle ilişkili değildir. Bununla birlikte, yüksek dozlarda kullanıldığında veya aşırı miktarlarda alındığında, uzmanlar bileşiğin hafif ila şiddetli formlar arasında değişebilen olumsuz etkilere neden olabileceğini söylemektedir. Artan etil maltol kullanımının yaygın yan etkileri mide bulantısı, kusma ve mide tahrişini içermektedir. Çoğu araştırmada, etil maltol için Kabul Edilebilir Günlük Alım Miktarı (ADI) maksimum 2 mg/kg vücut ağırlığıdır. Bununla birlikte, belirli tıbbi durumlardan muzdarip olan bireyler için etil maltol için ADI, bir doktorun değerlendirmesine bağlı olarak değişebilmektedir. Yaş, kilo ve genel fiziksel durum gibi faktörler de bir bireyin etil maltol için ADI değerinin belirlenmesinde dikkate alınabilmektedir (Li et al., 2017; NutriAvenue, 2021).

Siklamik Asit (Siklamat)

Siklamat, yapay tatlandırıcı siklamik asit (sikloheksilsülfamik asit) ve bunun kalsiyum veya sodyum tuzlarına verilen isimdir. Siklamat, 1937 yılında Illinois Üniversitesi'nde, bir sigaraya kazara sikloheksilamin türevinin bulaşmasını takiben keşfedilmiştir. DuPont 1940 yılında siklamat üretimi için bir patent almış ve 1950 yılında tüketicilerin kullanımına sunmuştur. Siklamat tüketimi, sakarin/siklamat karışımının deneysel laboratuvar sıçanlarında kansere neden olduğu gösterilerek potansiyel kanserojenliği ile ilgili güvenlik endişeleri nedeniyle ABD'de ve diğer ülkelerde yasaklandığı 1969 yılına kadar istikrarlı bir şekilde artmıştır. Ancak, son çalışmalar önceki çalışmalarla çelişmektedir ve siklamat birçok ülkede kullanılmaya devam edilmektedir. Siklamat insan vücudu tarafından metabolize edilmez, diğer bir ifade ile sıfır kaloridir, bu nedenle günlük diyetle enerji katkısı yoktur ve besleyici olmayan bir tatlandırıcı olarak kabul edilir (Lawrence, 2003).

Siklamat sükrözden 30-50 kat daha tatlıdır. Ağızda acı bir tat bırakır ancak sakarin ile iyi bir tatlılık sinerjisine sahiptir (Aydın et al., 2022). FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi (JECFA) ve Gıda Bilimsel Komitesi (SCF) tarafından onaylanmıştır ve dünya çapında 50'den fazla ülke tarafından kullanılmaktadır. JECFA, siklamat için günde 11 mg/kg vücut ağırlığı olarak bir ADI belirlemiştir. Siklamat genellikle sodyum siklamat ve kalsiyum siklamat formlarındadır. Siklamat dişlere zararlı değildir, şeker hastaları için uygundur ve en ucuz tatlandırıcılardan biridir. Siklamat ısıya dayanıklıdır ve uzun bir raf ömrüne sahiptir; depolanması kolaydır, su içermez, havadan emilir ve fermente olmaz. Bu nedenle, gıda endüstrisinde ve tıp endüstrisinde takviye ürünlerinde de kullanılmaktadır (Thi et al., 2020).

Sonuç

Gastronomi, gıda, çeşitli tiplerde yiyecek ve içecekler ile genel gıda ürünleri söz konusu olduğunda lezzet artırma oldukça önemli bir konudur. Lezzet arttırıcılar mutfak sanatlarının önemli bir parçası olup gıdaların keyif ve lezzetine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Gıdaların hem daha kolay hem de daha keyifle tüketilmesi amacıyla tat ve koku açısından yemeklerde ve gıda takviyelerinde iyileştirmeler sağlayan ve bu makalede konu edilen monosodyum glutamat (MSG), tuz, sükröz, nükleotidler, maltol, etil maltol ve siklamat gibi çeşitli kimyasallar kullanılmakta olup, bunların kullanım dozları insan sağlığı açısından da önem arz etmektedir.



Lezzet bilimi gelişmeye devam ederken süregelen araştırmalar, lezzet artırma mekanizmalarına ilişkin yeni bilgiler ortaya çıkarmaya ve mutfakta yenilik ve tüketici memnuniyeti için yenilikçi çözümler geliştirmeye devam etmektedir. Sonuç olarak, lezzet artırma, gıdalarda tat ve aromayı optimize etmek için maddelerin ve kimyasalların stratejik kullanımını içeren çok yönlü bir çabadır. Monosodyum glutamat, tuz, sükröz, glutamik asit, nükleotidler, maltol, etil maltol ve siklomatin ele alındığı bu çalışmada, her bir lezzet arttırıcının benzersiz özellikleri ve mutfak uygulamaları ele alınmış olup, bununla birlikte lezzet optimizasyonunun insan sağlığı ve diyet tercihlerine yönelik hususlarla dengelemenin esas alınmasının gerekliliğinin altı çizilmiştir.

Kaynaklar

- Ahn, H., Lee, G., Han, B.-C., Lee, S.-H., & Lee, G.-S. (2022). Maltol, a natural flavor enhancer, inhibits NLRP3 and non-canonical inflammasome activation. *Antioxidants*, 11(10), 1923-1933. <https://doi.org/10.3390/antiox11101923>.
- AIPU (2024). Ethyl maltol. <http://www.aipufood.com/en/product/od3np/ethyl-maltol>.
- Akgün, B., Genç, S., & Arıcı, M. (2018). Tuz: gıdalardaki algısı, fonksiyonları ve kullanımının azaltılmasına yönelik stratejiler. *Akademik Gıda*, 16(3), 361-370. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.475397>
- Altunay, N., Gürkan, R., & Orhan, U. (2017). Indirect determination of the flavor enhancer maltol in foods and beverages through flame atomic absorption spectrometry after ultrasound assisted-cloud point extraction. *Food Chemistry*, 235(November), 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.066>
- Anitha, T., & Srinivasan, K., (2024). A comprehensive study on the intermolecular interactions and energy frameworks exist in crystal structures of form-I, form-II and form-III polymorphs of ethyl maltol. *Journal of Molecular Structure*, 1313 (October), 138669. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2024.138669>
- Aydın, Ö., Öney, B., & Koçak, B. (2021). Doğal ve yapay tatlandırıcıların sağlık üzerine etkileri. *Atlas Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3, 30-39. <https://doi.org/10.54270/atljm.2022.14>
- Carver, J., Monisha S., Roberto S., Judy Z., Matthew, K., & Lewis A.B., (2002). The effects of dietary nucleotides on intestinal blood flow in preterm infants. *Pediatric Research*, 52 (September), 425-429. <https://doi.org/10.1203/00006450-200209000-00020>
- Clarke, M.A. (1995). Technological value of sucrose in food products. In M. Mathlouthi & P. Reiser (Eds.), *Sucrose* (223-247). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2676-6_9
- CSI (2024). Roles sugar plays in foods. <https://sugar.ca/sugar-basics/roles-sugar-plays-in-foods>.
- Dancey, C.P., Attree, E.A., & Brown, K.F. (2006). Nucleotide supplementation: a randomised double-blind placebo controlled trial of IntestAidIB in people with irritable bowel syndrome [ISRCTN67764449]. *Nutrition Journal*, 5(16), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-5-16>.
- Ding, T., Song, G., Liu, X., Xu, M., & Li, Y. (2021). Nucleotides as optimal candidates for essential nutrients in living organisms: a review. *Journal of Functional Foods*, 82, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104498>
- Doğan, M., & Özdemir, K. (2022). Investigation of the effect of spice on gastronomy history and culture. *İzlek Akademik Dergi (Izlek Academic Journal)*, 5 (2), 27-41. <https://doi.org/10.53804/izlek.1235912>
- FasterCapital (2024). The role of sucrose in food preservation and flavor enhancement, sucrose: the science behind sugar's sweetness. <https://fastercapital.com/topics/the-role-of-sucrose-in-food-preservation-and-flavor-enhancement.html>.
- Guo, N., Li, C., Liu, Q., Liu, S., Huan, Y., Wang X, Bai G., Yang M., Sun S., Xu C., & Shen Z. (2018). Maltol, a food flavor enhancer, attenuates diabetic peripheral neuropathy in streptozotocin-induced diabetic rats, *The Royal Society of Chemistry*, 9, 6287-6297. <https://doi.org/10.1039/c8fo01964a>.
- Godshall, M.A. (1995), Role of sucrose in retention of aroma and enhancing the flavor of foods. In M. Mathlouthi & P. Reiser (Eds.), *Sucrose* (248-263). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2676-6_9
- Keast, R., & Breslin, P. (2002). An overview of taste-taste interactions. *Food Quality and Preference*, 14 (March), 111-124. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00110-6](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00110-6)
- Kurihara, K. (2009). Glutamate: from discovery as a food flavor to role as a basic taste (umami). *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90 (3), 719-722. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27462D>
- Lane, A., & Fan, T. (2015). Regulation of mammalian nucleotide metabolism and biosynthesis, *Nucleic Acids Research*, 43(4), 2466-2485. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv047>
- Lawrence, J.F. (2003). Cyclamates. In B. Caballero, L. Trugo & P. M. Finglas (Eds.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2nd Ed., (1712-1714), Academic Press, London. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00318-7>
- Li, Z., Lu, J., Wu, C., Quanhai, P., Zhiwei, Z., Nan, R., Du, R., & Chen, J. (2017). Toxicity studies of ethyl maltol and iron complexes in mice. *BioMed Research International*, 2640619, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/2640619>



- Moncel, B. (2022). Six functions of salt in Food. <https://www.thespruceeats.com/functions-of-salt-in-food-1328615>.
- Mouritsen, O. (2015). The science of taste. *Flavour*, 4(1):18, 1-2. <https://doi.org/10.1186/s13411-014-0028-3>
- NIH (2010). Taste and Flavor Roles of Sodium in Foods: A Unique Challenge to Reducing Sodium Intake, Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States, Edt. Jane E Henney, Christine L Taylor, Caitlin S Boon, National Academies Press, US, Eriřim Adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK50958>.
- Nguyen, H.T., Nguyen, N.B., Ngo, A.V., Nguyen, K.M., & Nguyen, H. (2020). Determination of cyclamate content in some food products using UPLC-MS/MS. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 58, 33-41. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/58/5A/15189>
- NutriAvenue (2021). Ethyl Maltol: An Aromatic Flavoring Agent For Food Production. <https://www.nutriavenue.com/ethyl-maltol-an-aromatic-flavoring-agent-for-food-production>.
- Prescott, J. (1999). Flavour as a psychological construct: Implications for perceiving and measuring the sensory qualities of foods. *Food Quality and Preference*, 10(4-5), 349-356. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(98\)00048-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(98)00048-2)
- Santis, D. (2024). Food flavor chemistry and sensory evaluation. *Foods*, 13(5), 634, 1-5. <https://doi.org/10.3390/foods13050634>
- Seo, H-S.; Finley, J.W., & deMan, J.M. (2018). Flavor. In deMan, J.M., Finley, J., Hurst, W.J. & Lee, C. (Eds.), Principles of Food Chemistry, 4th ed. (285-328). Springer, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63607-8>
- Spence, C. (2015). Multisensory flavor perception. *Cell*, 161(1), 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.007>
- Sun, X., Zhong, K., Zhang, D., Shi, B., Wang, H., Shi, J., Battino, M., Wang, G., Zou, X., & Zhao, L. (2022). The enhancement of the perception of saltiness by umami sensation elicited by flavor enhancers in salt solutions. *Food Research International*, 157, 111287. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111287>
- Thomas, A., Alpha, A., Barczak, A., Zakhia-Rozis, N. (2022). Sustainable food systems for food security, Need for combination of local and global approaches. *Syntheses*. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3576-6>
- WHO (2024). Global Health Observatory (GHO): Salt intake. <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/3082>
- Yamaguchi, S. Ninomiya, K. (2000). Umami and Food Palatability, *The Journal of Nutrition*, 130(4), 921-926.
- Yoshida, R., Ninomiya, Y. (2023). Umami and MSG. In San Gabriel, A., Rains, T.M. & Beauchamp, G. (Eds.) Umami. Food and Health (7-42). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32692-9_2

