

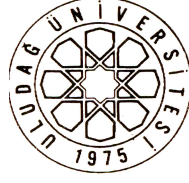
**T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY TATLANDIRICILAR ve GIDA SANAYİNDE KULLANIMLARI**

**Neslihan YILMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA 2007**



**T.C.**  
**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY TATLANDIRICILAR ve GIDA SANAYİİNDE KULLANIMLARI**

**Neslihan YILMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 22.01.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Ö.Utku ÇOPUR Yrd.Doç.Dr. Vildan UYLAŞER Doç.Dr. Mehmet KOYUNCU  
( Danışman )

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2.TATLANDIRICILARIN SINIFLANDIRILMASI.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Gıda Sanayinde Kullanılan Yapay Tatlandırıcılar ve .....</b>	<b>5</b>
<b>Genel Özellikleri</b>	
<b>2.1.1. Asesulfam K.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2.Aspartam.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.3. Sakarin.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.4. Siklamat.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.5. Sukraloz.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.6. Taumatin.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1.7. Neohesperidin Dihidrokalson (NHDC).....</b>	<b>35</b>
<b>2.1.8. Alitam.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1.9. Steviosit.....</b>	<b>39</b>
<b>2.1.10. Neotam.....</b>	<b>40</b>
<b>3. TATLANDIRICILARIN GIDALARDA KULLANIM ALANLARI.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1. Gazlı - Gazsız Alkolsüz İçecekler, Toz İçecek Karışımları ve .....</b>	<b>44</b>
<b>Meyve Nektarları</b>	
<b>3.2. Diyabetik Amaçlı ve Düşük Kalorili Tatlılar.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3. Diyetetik Amaçlı Reçel ve Marmelatlar.....</b>	<b>51</b>
<b>3.4. Unlu Mamuller.....</b>	<b>51</b>
<b>3.5. Aromalandırılmış sütler, meyveli yoğurtlar ve diyetetik.....</b>	<b>52</b>
<b>amaçlı olarak hazırlanmış süt ürünleri</b>	
<b>3.6. Sofralık Amaçlı Tatlandırıcılar.....</b>	<b>54</b>
<b>4. SONUÇ.....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>57</b>
<b>TEŞEKKÜR.....</b>	<b>60</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>61</b>

## **KISALTMALAR**

ADI	-	Acceptable Daily Intake
AMA	-	American Medical Association
CAC	-	Codex Alimentarius Commission
CCC	-	Calori Control Council
FAO	-	Food and Agriculture Organization
FDA	-	Food and Drug Administration
JECFA	-	The Joint Expert Committee on Food Additives
NCI	-	National Cancer Institute
NHDC	-	Neohesperidin Dihidrokalikon
NIH	-	National Institutes of Health
SCF	-	Scientific Committee for Food
WHO	-	World Health Organization

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
<b>Şekil 1.1.</b> Tatlı Tadın Oluşmasını Sağlayan Moleküler Sistem	4
<b>Şekil 1.2.</b> Tatlı Tadın Oluşumu	4
<b>Şekil 2.1.</b> Asesulfam K'nın Kimyasal Yapısı	6
<b>Şekil 2.2.</b> Aspartamın Moleküler Formülü	11
<b>Şekil 2.3.</b> Aspartamın Sudaki Çözünürlüğü-Sıcaklık İlişkisi	12
<b>Şekil 2.4.</b> Aspartamın Molekül Şekli ve Yıkım Ürünleri	13
<b>Şekil 2.5.</b> Bazı Gıdaların Aspartam Bileşenleri İçerikleri	13
<b>Şekil 2.6.</b> Aspartamın 20 °C'deki Stabilite Profili	15
<b>Şekil 2.7.</b> Sakkarinin Moleküler Formülü	21
<b>Şekil 2.8.</b> Siklamatin Moleküler Formülü	26
<b>Şekil 2.9.</b> Sakaroz ve Sukralozun Moleküler Formülleri	30
<b>Şekil 2.10.</b> Neotamın Moleküler Formülü	40
<b>Şekil 3.1.</b> Enerjisi Azaltılmış Dondurma Üretimi Akış Diyagramı	50
<b>Şekil 3.2.</b> Set ve Stirred Tip Yoğurt Üretimi Akış Diyagramı	53

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Çizelge 2.1.</b> Asesulfam K'nın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	8
<b>Çizelge 2.1. (Devam)</b> Asesulfam K'nın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	9
<b>Çizelge 2.2.</b> Aspartam ve Sakaroz Kullanılarak Üretilen Ürünlerin Enerji Değerlerinin ve Karbonhidrat Miktarlarının Karşılaştırılması	14
<b>Çizelge 2.3.</b> Farklı Isıl İşlem Yöntemlerinde Aspartamın Stabilitesi	16
<b>Çizelge 2.4.</b> Aspartamın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	17
<b>Çizelge 2.4. (Devam)</b> Aspartamın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	18
<b>Çizelge 2.5.</b> Sakkarinin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	23
<b>Çizelge 2.5 (Devam)</b> Sakkarinin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	24
<b>Çizelge 2.6.</b> Siklamatin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	28
<b>Çizelge 2.7.</b> Sukralozun Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	31
<b>Çizelge 2.7. (Devam)</b> Sukralozun Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	32-33
<b>Çizelge 2.8.</b> Taumatın'ın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	34
<b>Çizelge 2.9.</b> NHDC'nin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	36
<b>Çizelge 2.9. (Devam)</b> NHDC'nin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar	37
<b>Çizelge 3.1.</b> Alkolsüz İçeceklerde Kullanılabilir Asesulfam K/Aspartam Karışımları	45
<b>Çizelge 3.2.</b> Toz İçecek Karışımı Üretimi İçin Bazı Formülasyonlar	46
<b>Çizelge 3.3.</b> Sofralık Tatlandırıcılarda Kullanılan Tatlandırıcı Karışımları	55

## 1. GİRİŞ

Günümüzde tüketiciye sunulan gıdalar birçok kimyasal madde içermektedir. Bu kimyasal maddelerden çoğu gıdanın doğal bileşenleri olup, karbonhidratlar, yağlar, proteinler, vitaminler ve mineraller olarak sınıflandırılmaktadır. Bu doğal bileşenlerin yanısıra gıda işleme sırasında gıdaya istenerek katılan veya istenilmediği halde bulaşan bazı maddeler de bulunmaktadır. Gıdalara istenerek kimyasal madde katımı ile ilgili tarihsel gelişmeler incelendiğinde, tuz ve odun tütsüsünün bilinen en eski katkıları olduğu anlaşılmaktadır. M.Ö. 3000 yıllarında et ürünlerini kürlemede tuzdan yararlandığı, M.Ö. 900 yıllarında ise tuz ve odun tütsüsünün gıda saklama yöntemlerinde kullanıldıkları görülmektedir. Ortaçağlarda etlere koruyucu amaçla tuz ve tütsünün yanısıra katılan nitratin etin rengini olumlu yönde değiştirmek ve botulizmi önlemek amacıyla da kullanıldığı bilinmektedir. M.Ö. 50. yy.da, tuz, odun tütsüsü ve baharatlardan lezzet verici olarak yararlanılmış, gıda boyaları ise günümüzden yaklaşık 3500 yıl kadar önce Mısırlılar tarafından kullanılmıştır. 1856' da *aniline purple* adlı renk maddesinin sentezi ile yapay boya maddelerinin üretimi başlamıştır. 19. yüzyılda başlayan endüstrileşme paralelinde gıda katkı maddelerinin kullanımında da artış belirmiştir. Bu yüzyılda gıdalara katılmaya başlayan benzoik asit, sodyum karbonat, sakarin gibi maddeler, günümüzde de gıda katkısı olarak kullanılmaktadır. 20. yüzyılda gıda üretiminin artması ile gıda katkı maddelerinin kullanımında da önemli artışlar gözlenmiştir. Örneğin, işlenmiş peynir yapımında sitratlar, fosfatlar gibi emülsifiye edici tuzlar kullanılmış, emülgatör katımı ile margarin yapımı giderek kolaylaşmış, gıdaların duysal kalitesini geliştirmek amacıyla lezzet maddeleri ve lezzet arttırıcılardan yararlanılmaya başlanılmıştır. Katkı maddelerinin toksikolojik değerlendirilmeleri konusu önem kazandıkça, özellikle gıda boyalarının kullanımlarına kısıtlamalar getirilmiştir(Altuğ ve Elmacı 2001).

Tarihsel süreç içerisinde katkı maddeleri her zaman yararlı amaçlar için kullanılmamışlardır. Pek çok eski kaynakta un, çay, şarap ve biranın yaygın biçimde taşış edildikleri durumlar belirtilmektedir. Bu nedenle de söz konusu dönemlerde katkıların zararlı veya ucuz dolgu maddeleri olarak kullanılmalarını önlemek amacıyla yasalar çıkarılmıştır. Özellikle gıdalara boya katılmasının oldukça karışık bir geçmişi bulunmakta olup, civa, arsenik, ve kurşun bileşikleri gibi toksik etkili maddelerin gıdaları boyamada kullanıldıkları rapor edilmektedir. Sütü korumak amacıyla

formaldehitin, eti korumak amacıyla ise boraksın kullanımı, una beyaz renkte tozların katılması gibi örnekler de katkı maddelerinin gıdalarda uygulamaları konusunda yasal düzenlemeler yapılması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Bu bilgiler ışığı altında gıda katkı maddelerinin tarihsel gelişimlerinin iki etki ile şekillendiği anlaşılmaktadır. Bunlardan birincisi gelişen teknoloji paralelinde gıda saklama yöntemlerinin geliştirilmesine duyulan gereksinimdir. İkinci etki ise tüketici gözünde gıdanın mevcut kalitesinin daha iyi olarak algılanmasını sağlamaktır. Bu etkilerden ilki günümüzde gelişen uluslararası ticaret gözönüne alındığında gıda katkı maddelerinin teknolojinin vazgeçilmez bir parçası olmalarının nedenini açıklamaktadır. İkinci etki ise daha farklı bir anlayışla ele alınmış olup, katkı maddelerinin gıdaların mevcut duyuusal veya teknolojik özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılmalarını sağlamıştır. Bu amaçlar doğrultusunda gıda katkı maddelerinin dünyadaki pazarı 1900'lü yıllarda 10 milyar dolara ulaşmış olup, 21. yüzyılda bu pazarın daha da büyümesi beklenmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).

Katkı maddesi terimi Latince *addere* olarak ifade edilen *katmak* kelimesinden türetilmiştir. Gıda katkısı genel anlamda; tek başına gıda olmayan ancak gıdalara üretim, işleme, depolama veya ambalajlama gibi aşamalarda katılan madde veya madde karışımları, olarak ifade edilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yürürlükte olan Gıda İlaç ve Kozmetik Yasası'nda 1958 yılında Gıda Katkı Maddeleri ile ilgili olarak yapılan değişiklik içerisinde verilen tanımda katkılar; "belirli bir amaçla kullanımları sonucunda doğrudan veya dolaylı şekilde gıdanın bileşeni haline gelen veya karakteristiklerini değiştiren maddeler" olarak tanımlanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun ortak çalışmaları ile oluşturulmuş Kodeks Alimentarius Komisyonu (CAC) tarafından verilen tanım ise oldukça ayrıntılıdır. Söz konusu tanımda, gıda katkı maddesi "tek başına gıda olarak kullanılmayan ve gıdanın tipik bir bileşeni olmayan, besleyici değeri olsun veya olmasın, imalat, işleme, hazırlama, uygulama, ambalajlama, taşıma, muhafaza ve depolama aşamalarında, gıdalara teknolojik (organoleptik dahil) amaçla katılan ya da bu gıdaların içinde veya yan ürünlerinde doğrudan ve dolaylı olarak bir bileşeni haline gelen veya bunların karakteristiklerini değiştiren maddeler" olarak ifade edilmektedir. Bu tanım gıdalara istenilmediği halde bulaşan kontaminantları veya besleyici kaliteyi arttırmak amacıyla katılan maddeleri içermemektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).



Gıda katkı maddeleri (Küçüköner 2006);

- Ürünün besin değerini korumalı,
- Kaliteyi iyileştirmeli,
- Atıkları azaltmalı,
- Tüketici kabul edilebilirliğini arttırmalı,
- Depolama kalitesini iyileştirmeli,
- Gıdanın hazırlanabilirliğini kolaylaştırmalıdır.

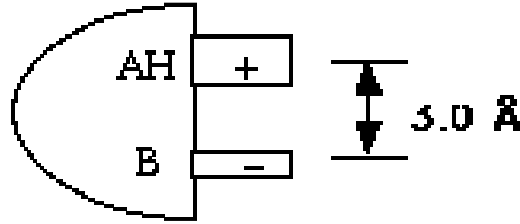
Gıda katkı maddelerinin (Altuğ ve Elmacı 2001);

- Kötü kalitede veya bozulmuş gıdayı maskeleyme veya hatalı ürün elde etme tekniğini gizleme,
- Gıdaları hatalı işleme, taklit gıda yapımı ve tüketiciyi aldatma,
- Ürünün besleyici değerini azaltma,
- İstenilen etkiyi oluşturacak teknik miktardan fazla kullanma gibi amaçlarla gıdaya katılmaları ve
- Katkıların yerini tutabilecek veya eşit derecede kabul edilebilir işleme ve ambalaj tekniklerinin varlığında kullanımları, yasal olmayan uygulanma biçimleridir.

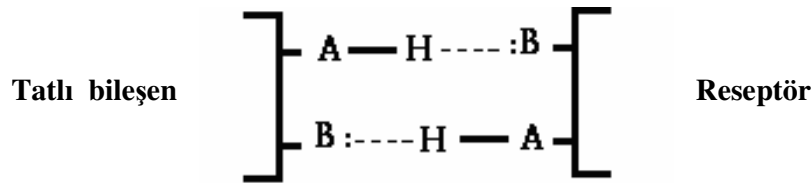
Günümüzde diyetlerdeki şekerin ve şeker içeren gıda maddelerinin tüketimindeki hızlı artış, uzun dönem sonra bazı sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yüksek oranda şeker tüketiminin insanlarda diş çürümelerine, aşırı şişmanlamaya, kalp hastalıklarına sebep olduğu, ayrıca doğal şekerin kan şekerini hızla arttırdığı ve buna bağlı olarak diyabetli hastalarda zararlı etkiler oluşturduğu görülmüştür (Bayhan ve ark. 1997). İnsan sağlığını önemli ölçüde tehdit eden bu hastalıkların tedavisi için, medikal tedavinin yanı sıra bilinen en etkili yol, aktivitenin artırılmasıyla birlikte diyetlerin düzenlenmesidir. Bu hastalıkların tedavisi için hastaların diyetlerinde şeker ve şekerli yiyeceklerin tüketimini kısıtlama yoluna gidilir. Bunun sonucunda doğal şekerler, bazı durumlarda yerlerini tatlandırıcılara bırakmak zorunda kalmıştır (Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

Maddelerin kimyasal yapısı ve tatlılık arasındaki ilişki konusunda pek çok araştırmacı tarafından öne sürülen değişik teoriler bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar, 1967 yılında bu teorileri ele alarak ve birleştirerek yeni bir teori ortaya çıkarmışlardır. *AH-B* olarak ifade edilen söz konusu teoriye göre tatlı tadın oluşması için aralarında 0.3

mm mesafe bulunan proton verici ve proton kabul edici özellikleri olan bir moleküler sisteme gereksinim bulunmaktadır Tatlı tadın oluşması için gereken moleküler sistem Şekil 1.1’de şematize edilmiştir. Bu nedenle tatlı tadı veren tüm bileşikler oksijen veya azot gibi bir elektro negatif atom (A) içermektedirler. Bu atom aynı zamanda kendisine tek bir kovalent bağ ile bağlı bir proton da içerdiğinden AH bir hidroksil, bir imin veya amin, veya bir metil grubunu temsil edebilmektedir. AH protonunun  $3\text{Å}$  uzağında ise genellikle oksijen veya azottan oluşan ikinci bir elektronegatif B atomu yer almalıdır. Bir maddenin tatlılık özelliğinin ise söz konusu AH-B sisteminin tat reseptör hücrelerinin membranında yer alan uygun bir sistemle temasa geçtiğinde oluştuğu öne sürülmektedir. Şekil 1.2 de tatlı tadın oluşumu şematize edilmiştir. Gruplar arasındaki mesafede ve elektronik yapıda oluşan değişimler tatlılık özelliğinin oluşmasını sağladığı gibi bazen genel tat algısını değiştirerek tatlılığı tamamen ortadan kaldırmakta veya acılığa da çevirebilmektedir (<sup>1</sup>, Altuğ ve Elmacı 2001).



**Şekil 1.1.** Tatlı Tadın Oluşmasını Sağlayan Moleküler Sistem



**Şekil 1.2.** Tatlı Tadın Oluşumu

<sup>1</sup> <http://www.nysaes.cornell.edu/fst/faculty/acree/ahb/acree70.html>

## 2.TATLANDIRICILARIN SINIFLANDIRILMASI

CAC, tatlandırıcı ifadesini “gıdaya tatlı tadı veren, şeker olmayan madde” olarak tanımlamaktadır. Tatlandırıcı özelliği bulunan maddeler farklı kimyasal yapılara sahip olmaları nedeni ile değişik fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özellikler gösterirler. Bu değişik özellikleri nedeni ile farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Örneğin, enerji verme durumuna göre *enerji veren* ve *enerji vermeyen tatlandırıcılar* olarak sınıflandırılabilir gibi; genellikle bitkisel olan doğal kaynaklardan elde edilenler *doğal tatlandırıcı*, sentezleme yolu ile elde edilenler ise *yapay tatlandırıcı* olarak, ayrıca tatlandırıcılık etkisinin yanı sıra su tutarak hacim verme özelliği bulunanlar *hacim verici tatlandırıcı*, çok düşük miktarda kullanıldıklarında bile şiddetli tatlılık oluşturma özelliğinde bulunanlar ise *yoğun tatlandırıcı* olarak ifade edilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).

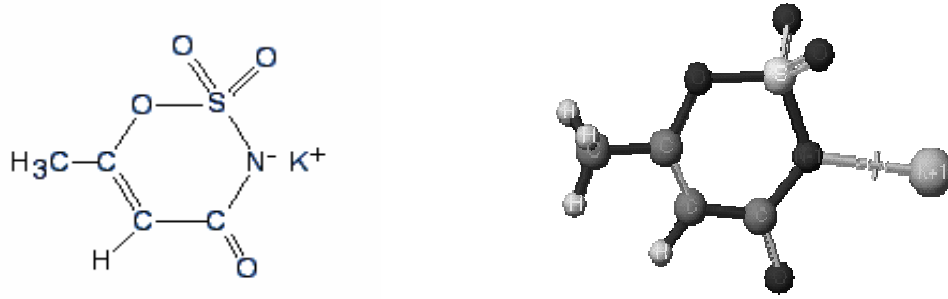
### 2.1. Gıda Sanayinde Kullanılan Yapay Tatlandırıcılar ve Genel Özellikleri

#### 2.1.1. Asesulfam K

Asesulfam K, 1967 yılında Clauss ve Jensen adlı araştırmacılar tarafından tesadüf sonucunda bulunmuş bir tatlandırıcıdır. Araştırmacılar, butin ve florosulfonil izosiyanatla yapılan çalışmalar sırasında sentezlenen dihidrookzatiyazon dioksitlerin tatlı tada sahip olduğunu, kısa zincirli alkil grupları içeren bileşiklerin ise maksimum tatlılığa sahip olduğunu saptamışlardır. Bu bileşikler içerisinde 6-metil-1,2,3 okzatiyazin-4(3H)-on-2,2-dioksit adlı bileşiğin kolay sentezlenmesi nedeniyle yapay tatlandırıcı olarak kullanılması önerilmiştir. Bu maddeye ilk olarak “asetosulfam” adı verilmiş, 1978 yılında ise WHO tarafından “Asesulfam potasyum tuzu” adının kullanılmasının uygun olduğu bildirilmiştir. Günümüzde ise kısaca “Asesulfam K” olarak ifade edilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).

Asesulfam K'nın sentezi birçok yolla yapılabilmektedir. Bu yollardan birisi florosulfonil izosiyanatın asetoasetik asit tersiyer-bütül ester ile reaksiyona girmesi olup, ısıtma ile CO<sub>2</sub> ve izobutan açığa çıkmakta ve N-(florosulfonil) asetoasetik asit amid oluşmaktadır. Baz varlığında bu bileşik okzatiyazon dioksit halkasını oluşturmaktadır. Alternatif olarak diketen ve amidosulfonik asidin reaksiyona girmesi ile asetoasetamid-N-sulfonik asit oluşturulmakta, uygun nem çekici ajanlarla asesulfam asidi meydana

gelmektedir. Söz konusu asidin KOH ile nötralizasyonu ile ise asesulfam K oluşmaktadır. Asesulfam K'nın kimyasal yapısı Şekil 2.1'de görülmektedir.<sup>2</sup>



**Şekil 2.1.** Asesulfam K'nın Kimyasal Yapısı

Kapalı formülü ( $C_4H_4NO_4SK$ ) olan asesulfam K'nın molekül ağırlığı 201.2 dir. Beyaz, kokusuz ve kristal yapıda olan asesulfam K'nın saf ve katı halinin oda sıcaklığındaki raf ömrü oldukça uzundur. Işıktaki veya karanlıkta bekletilmiş örneklerde taze örneklerle kıyasla hiçbir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir. Asesulfam K yavaşça ısıtıldığında  $225\text{ }^{\circ}C$  de parçalanma başlamakta, hızlı ısıtıldığında ise parçalanma daha yüksek sıcaklıklarda olmaktadır. Asesulfam K'nın sudaki çözünürlüğü oldukça yüksek olup, çözünürlük sıcaklıkla birlikte artmaktadır. Örneğin, çözünürlüğü  $20\text{ }^{\circ}C$ ' deki suda  $270g/L$  iken, sıcaklık  $100\text{ }^{\circ}C$ ' ye yükseldiğinde  $1000g/L$ 'nin üzerine çıkabilmektedir. Alkol gibi organik çözügenlerde ise asesulfam K'nın çözünürlüğü düşük ( $1g/L$  susuz etanol) olup, su miktarı arttıkça çözünürlükte artmakta ve %50'lik etanol de  $100g/L$ 'ye ulaşmaktadır. Asesulfam K, pH 3-7 arasında stabil iken, pH 3'ün altına düştüğünde çok düşük miktarda parçalanmanın başladığı saptanmıştır. Asesulfam K gıdalara ve içeceklere uygulanan normal işlem koşullarında parçalanmamakta, pişirme sırasında, pastörizasyon veya mikrodalga uygulamalarında da yapısında bir değişiklik olmamaktadır.

Asesulfam K, çabuk algılanan ve hoş bir tatlılık özelliğine sahiptir. Kalıcı bir tada sahip olmadığı için ağızda gıdanın kendi tadı algılanabilmektedir. Asesulfam K yaklaşık olarak sakarozdan 200 kere daha tatlıdır. Diğer tatlandırıcılardan farklı olarak asesulfam K'nın tatlılık şiddeti, konsantrasyon arttıkça azalmaktadır. Gıdaya katılan miktar arttıkça acı tat ve tat sonrası izlenim oluşmaktadır (Altuğ ve Elmacı 2001). Asesulfam K tadım sonrası ağızda acımsı ve metalik bir his uyandırmaktadır. Buna rağmen gıda

<sup>2</sup> <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549acesulfame.html>

sanayinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Normal depolama koşulları dışında da stabilitesini korur. Son derece stabil bir karaktere sahip olan asesulfam K'nın hidrolize olabilmesi için çok ekstrem şartlara ihtiyaç vardır (Küçüköner ve Kılınççeker 2002). Ekstrem pH ve sıcaklık şartları sonucunda bozulma ürünleri olarak aseton, CO<sub>2</sub> ve amonyum hidrojen sülfat veya amido sülfat ortaya çıkabilir. Yüksek asidik ortamda (pH 2.5) önemsiz miktarda stabil olmayan asetoasetamid ve asetoasetamid N sulfonik asit gibi ara bozulma ürünleri oluşurken, bazik ortamda (pH 3–10.5) asetoasetik asit ve asetoasetamid N sulfonik asit ortaya çıkabilmektedir.<sup>3</sup>

Asidik gıda ve içeceklerde nötr olanlara kıyasla aynı konsantrasyonda asesulfam K kullanımı ile daha yüksek tatlılık elde edilmektedir. Asesulfam K tek başına tatlandırıcı olarak kullanılabilirdiği gibi diğer tatlandırıcılarla birlikte kullanıldığında sinerjistik etki de oluşturmaktadır. Bu maddenin, sorbitol, izomalt ve fruktoz ile birlikte sinerjistik etki yarattığı, siklamat ve aspartam ile de aynı etkinin söz konusu olduğu, sakarin ile bu etkinin çok düşük bulunduğu saptanmıştır. Sinerjistik etkiye en uygun bileşim olan asesulfam K / aspartam karışımı için 1:1 veya 1:5 olarak belirlenmiştir. Asesulfam K'nın şeker alkolleri ile karışım olarak kullanıldığı durumlarda hoşça giden tatlar elde edilmiştir. Özellikle asesulfam K / Sorbitol karışımında dolgun bir tatlılık elde edilmiş, bu nedenle söz konusu karışımın şekerlemelerde, meyve preparatlarında ve hacim gerektiren gıdalarda kullanılmasının uygun olduğu bildirilmiştir.

Asesulfam K; Sunette, Ace-K, Sweet One ve Sweet'n Safe gibi ticari isimler ile anılmaktadır.<sup>2</sup> Son yıllarda Sweet'N Low adıyla A.B.D. ve İngiltere'de kullanılan asesulfam K preparatları, ülkemizde de satılmaya başlamıştır. Sweet'N Low'un pişirilen yiyeceklerde kullanılabilen aspartam / asesulfam K'nın kombinasyonu olan tablet ve poşet formları vardır. Dünyada 90'ın üzerinde ülkede kullanılmakta olup, kullanım alanı olarak çok geniş bir yelpaze oluşturur. Kullanıldığı bazı ürünler gazlı ve gazsız içecekler, meyve nektarları, meyve suyu konsantreleri, süt ürünleri, dondurmalar, tatlılar, marmelatlar, jöleler, reçeller, fırın ürünleri, cikletler, bazı sebze turşuları, diş macunları, ağız spreyleri farmasötiklerdir (Salminen ve Hallikainen 1990, Küçüköner ve Kılınççeker 2002, Altuğ ve Elmacı 2001).

---

<sup>3</sup> <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v16je02.htm>

Çizelge 2.1' de asesulfam K'nın kullanımına izin verilen gıdalar ve kullanılabilir maksimum miktarlar görülmektedir.

**Çizelge 2.1.** Asesulfam K'nın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
E 950 Asesulfam K	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz alkolsüz içecekler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış içecekler	350 mg/L
	Süt ve süt türevleri veya meyve suyu bazlı içecekler	350 mg/L
	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz tatlılar ve benzeri ürünler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış tatlılar	350 mg/kg
	Süt ve süt türevi bazlı karışımlar	350 mg/kg
	Meyve ve sebze bazlı tatlılar	350 mg/kg
	Yumurta bazlı tatlılar	350 mg/kg
	Tahıl bazlı tatlılar	350 mg/kg
	Yağ bazlı tatlılar	350 mg/kg
	<b>Şekerlemeler ve diğerleri</b>	
	Şeker ilavesiz şekerlemeler	500 mg/kg
	Şeker ilavesiz nefes ferahlatıcı şekerlemeler	2500 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış tablet formundaki şekerlemeler	500 mg/kg
	Şeker ilavesiz sakız	2000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz nişasta bazlı şekerlemeler	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao veya kuru meyve bazlı şekerlemeler	500 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao, süt, kuru meyve veya yağ bazlı sürülebilir ürünler	1000 mg/kg
	Çerezler, yenmeye hazır aromalandırılmış, ambalajlanmış, kuru baharatlı nişastalı ürünler ve kaplanmış sert kabuklu yağlı meyveler	350 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz yenilebilir buzlar ve dondurma	800 mg/kg
	Dondurma ve yenilebilir buzlar için kullanılan şeker ilavesiz külâh ve gofretler	2000 mg/kg
	Soslar	350 mg/kg
	Hardal	350 mg/kg
Enerjisi azaltılmış çorbalar	110 mg/L	

**Çizelge 2.1. (devamı) Asesulfam K'nın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)**

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
E 950 Asesulfam K	Tatlı-ekşi korunmuş meyve ve sebzeler	200 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış reçel, jöle ve marmelatlar, geleneksel reçel, geleneksel marmelat	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz meyve konserveleri	350 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış meyve sebze karışımları	350 mg/kg
	En az % 15 lif ve % 20 kepek içeren enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kahvaltılık tahıllar	1200 mg/kg
	Özel beslenme amaçlı hafif fırıncılık ürünleri	1000 mg/kg
	"TGK – Kilo verme amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği" kapsamındaki gıdalar	450 mg/kg
	"TGK – Özel Tıbbi Amaçlı Diyet Gıdalar Tebliği" kapsamındaki gıdalar	450 mg/kg
	Sıvı formdaki gıda takviyeleri	350 mg/L
	Katı formdaki gıda takviyeleri	500 mg/kg
	Vitamin ve/veya bazlı şurup şeklinde veya çiğnenebilir formdaki gıda takviyeleri	2000 mg/kg
	Elma ve armut şarabı	350 mg/L
	Enerjisi azaltılmış bira	25 mg/L
	Alkolsüz veya alkol miktarı hacmen %1.2' yi geçmeyen biralar	350 mg/L
	Hafif üst fermentasyon birası dışında orijinal şıra ekstraktı %6 dan az olan Sofra birası	350 mg/L
	Asitliği NaOH cinsinden minimum 30 milieşdeğere eşit olan biralar	350 mg/L
	"oud bruin" tipi kahverengi biralar	350 mg/L
	Alkolsüz içeceklerle bira, elma ve armut şarapları, distile alkollü içkiler veya şarap karışımından oluşan içecekler	350 mg/L
	Hacmen %15'den az alkol içeren distile alkollü içecekler	350 mg/L
	Balıklar, marine edilmiş balıklar, kabuklular ve yumuşakçaların tatlı-ekşi korunmuş veya yarı korunmuş olanları	200 mg/kg

Asesulfam K, vücutta metabolize edilemez ve idrarla değişmeden dışarı atılır. Yapılan farmakolojik çalışmalar tüketilen asesulfam K'nın %95'inin değişmeden idrarla dışarı atıldığını ve bu nedenle metabolize edilmediği için enerji vermediğini, aynı zamanda asesulfam K tüketiminin vücuda potasyum alımını etkilemediğini ortaya koymuştur (Anonim 2004).

Yapılan bir çalışmada farelere ve köpek deneklere oral yol ile tek doz olarak verilen 10mg/kg asesulfam K'nın hızla absorbe edildiği ifade edilmiştir. Doz verildikten 30 dk. sonra farelerin kan seviyesindeki maksimum düzeyin  $0.75 \pm 0.2 \mu\text{g/mL}$  iken

köpeklerde  $6.56 \pm 2.08 \mu\text{g/mL}$  olduğu belirlenmiştir. Doz verildikten 1–1.5 saat sonra farelerde dozun %82 - 100'ünün, köpeklerde ise % 85 - 100'ünün idrarla dışarı atıldığı tespit edilmiştir.<sup>3</sup> Asesulfam K'nın güvenilirliği 1970 yılı ortalarında hayvanlar üzerinde yapılan denemelerle ortaya konmuştur. İlk yapılan denemede asesulfam K içeren ve asesulfam içermeyen diyetle beslenen kontrol farelerinin her ikisinde de çeşitli tümörler belirlenmiş bu nedenle bir sonuca varılamamış, ikinci denemede aynı şekilde başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Üçüncü denemede ise asesulfam K ile beslenen dişi farelerde göğüs tümörü kontrol farelerine kıyasla daha fazla gelişmiştir. Bu tümörlerin birçoğu iyi huyluyken, 60 kontrol faresinden birinde, düşük dozlu asesulfam ile beslenen 60 farenin ikisinde ve yüksek doz asesulfam K ile beslenen 60 farenin üçünde kötü huylu tümöre rastlanmıştır. Tatlandırıcı üreticileri kontrol farelerinde de tümöre rastlanılmakta olduğunu, bu nedenle tümöre sebep olarak yalnızca asesulfam K'nın görülmemesinin gerektiğini ifade etmişler, böylece ABD' deki Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) bu açıklamaları kabul etmiş ve daha güvenli testlerin yapılmasına gereksinim duymamıştır (Schardt 2004).

Asesulfam K, Birleşik Gıda Katkıları Uzman Komitesi (JECFA) tarafından ilk olarak 1983 yılında güvenilirlik açısından değerlendirmeye alınmıştır. FDA ilk olarak 1988 yılında asesulfam K'nın alkolsüz içeceklerde tatlandırıcı olarak kullanılmasını onaylamıştır. FDA ve JECFA, asesulfam K için günlük tüketilebilir miktarı (ADI) 15 mg/kg olarak belirlemiş, daha sonra Avrupa Birliği Bilimsel Gıda Komitesi (SCF) 1985 yılında tatlandırıcılar hakkında kapsamlı bir değerlendirme yayınlamış ve komite asesulfam K'nın gıda ve içeceklerde kullanılmasını onaylamış, ancak günlük tüketilebilir miktarın 9 mg/kg olmasını önermiştir. Böylelikle asesulfam K, Avrupa'da 1985 yılından ve ABD' de 1988 yılından bu yana kullanılmaktadır. FDA, asesulfam K'nın güvenilirliğini 2003 yılının kasım ayında tekrar onaylamış ve genel amaçlı kullanımına onay vermiştir (<sup>4</sup>, Anonim 2006 b).

Asesulfam K'nın güvenilirliği 15 yıldan uzun süren 90'nın üzerinde çalışma ile resmi kurumlar tarafından onaylanmış ve aralarında Kanada, İngiltere, Fransa, İsviçre, İtalya, Belçika'nın da bulunduğu 90'nın üzerinde ülkede kullanılmaya başlanmıştır (Anonim 2006 b).

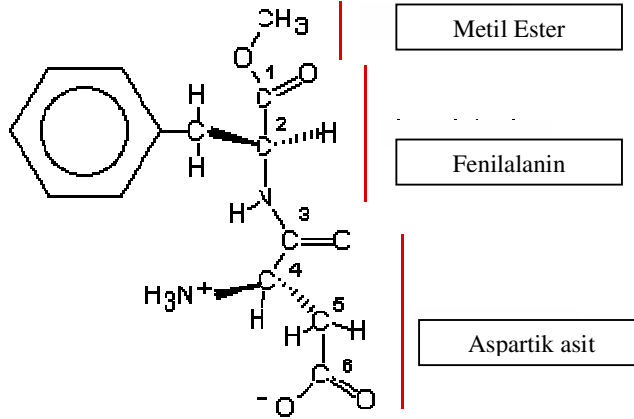
---

<sup>4</sup> [http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out52\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out52_en.pdf)



### 2.1.2. Aspartam

Aspartam, 1965 yılında Schlatter adlı araştırıcı tarafından Searle araştırma laboratuvarında aminoasitlerden gastrik peptid sentezlenmesi sırasında oluşan ara ürünlerin saflaştırılması sırasında elde edilen N-L- $\alpha$ -aspartil-L-fenilalanin-1-metil esterin tatlılık özelliğinin belirlenmesi üzerine tesadüfi olarak bulunmuştur. Aspartam sentezi L-aspartik asit ve L-fenilalaninden veya L-fenilalaninin metil esterinden başlamaktadır. Bilinen peptid sentezi yolu aspartam için de geğerli olup, aspartik asit için koruyucu gruba gereksinim duyulmaktadır. Bu durumda susuz formilaspartik asit kullanılmakta ve fenilalanin metilester ile reaksiyona sokularak N-formilaspartilfenilalanin elde edilmektedir. Oluşan bu maddenin hidroklorik asit ve metanol ile muamele edilmesi ile aspartam elde edilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001). Şekil 2.2 de aspartamın formülü görülmektedir<sup>5</sup>. Kimyasal peptid sentezi dışında ticari olarak enzimatik yolla da aspartam sentezlenebilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).



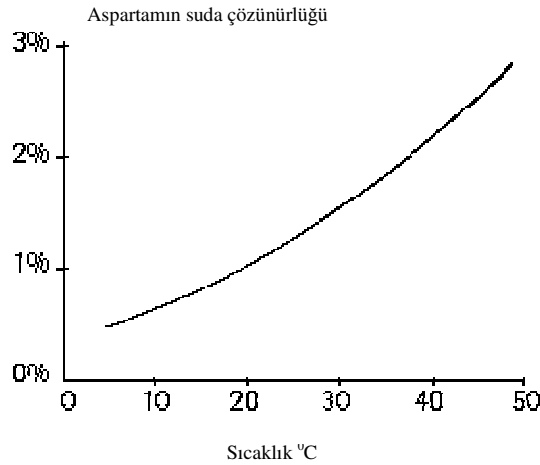
**Şekil 2.2.** Aspartamın Moleküler Formülü

Aspartam, aspartik asit ve fenilalaninden oluşmuş amfoter yapıda bir dipeptittir. Sinonimi Aspartyl Pheniylalanine Methyl Ester, kimyasal ismi N-L- $\alpha$ -Aspartyl-L-pheniylalanine methyl ester, kimyasal formülü C<sub>14</sub>H<sub>18</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, moleköl ağırlığı 294,31 dir. 1 gr'ı 4 Kcal enerji verir. Tat karakteri sakarozu benzer, hafif geçer algılanır, ısıya dayanıksızdır (Doğın ve Boroğlu 2000). Aspartamın tatlılığının sakarozun verdiği tatlı

<sup>5</sup> <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549aspartame.html>

tada benzer olduğu belirtilmektedir. Aspartamın tat algısı gecikmiş olarak ortaya çıkmakta ve uzun sürmektedir. Ayrıca aspartamın özellikle meyve lezzetini artırıcı özelliği olduğu da bilinmektedir (<sup>6</sup>, Altuğ ve Elmacı 2001).

Aspartam, %4'lük sakaroz çözeltisinden 150 – 200 kat daha tatlı olup, beyaz toz yapıda ve kokusuz bir tatlandırıcıdır. Suda çok az oranda (25 °C de %1 düzeyinde), alkolde ise belli oranda çözünmekte, katı ve sıvı yağlarda ise çözünmemektedir. Aspartamın sudaki çözünürlüğü pH ya bağlı olup, izoelektrik noktası olan pH 5.2 de ve üzerinde (1g/100mL) düşük çözünürlüğe sahiptir. Aspartamın sudaki çözünürlüğü sıcaklığa da bağlı olup, Şekil 2.3' de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça çözünürlük de artmaktadır (<sup>7</sup>, Artık ve ark. 1992, Doğan ve Boroğlu 2000, Altuğ ve Elmacı 2001).



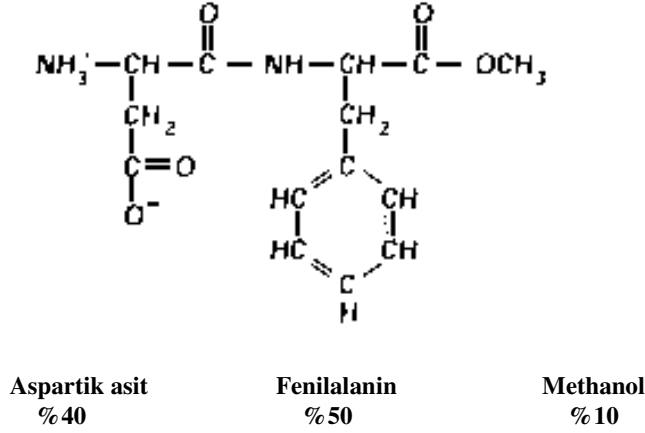
**Şekil 2.3.** Aspartamın Sudaki Çözünürlüğü-Sıcaklık İlişkisi

Aspartamı meydana getiren bileşikler aspartik asit, fenil alanin ve metanol, aspartam oral yolla tüketildiğinde iki şekilde metabolize olur. Aspartam ya barsakta proteolitik ve hidrolitik enzimlerle aspartat (%40), fenilalanin (%50) ve metanole (%10) kadar yıkılır. Aspartamın yıkım ürünleri Şekil 2.4' de görülmektedir. Bu bileşenler aminoasit ve metanolün absorpsiyonuna benzer şekilde absorbe olur ya da önce bir demetilasyon ile metanol ve aspartil fenilalanin dipeptidine yıkılır. Dipeptit bölümü, dipeptitlere özel bir transport mekanizması ile absorbe olduktan sonra mukoza hücrelerinde hidroliz olarak portal dolaşıma karışır. Metanol ise bilinen şekilde emilir. Bu

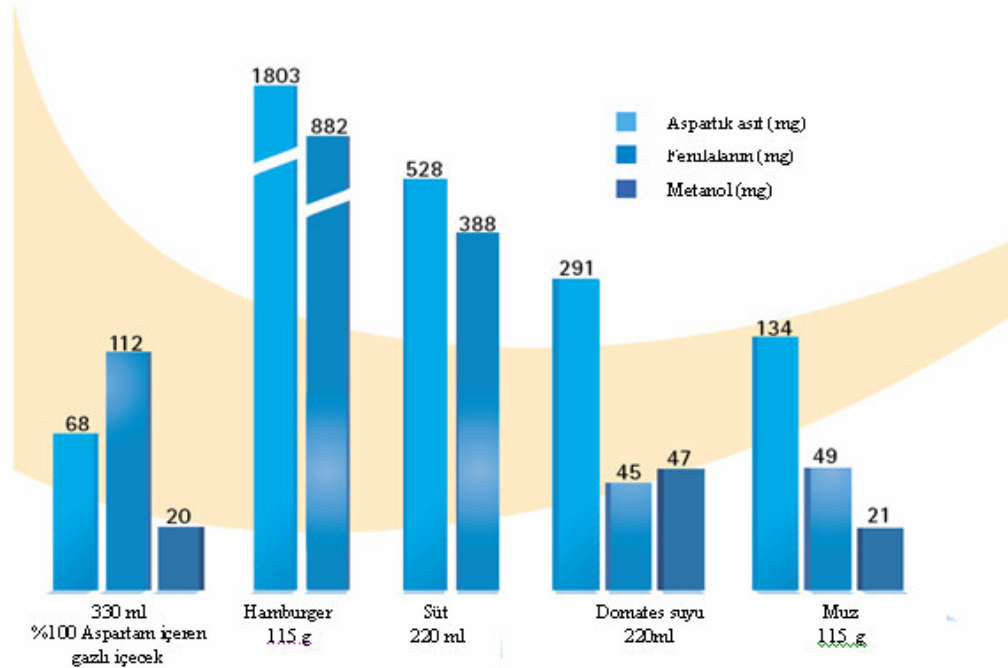
<sup>6</sup> [http://www.dsm.com/en\\_US/html/hsc/Aspartame-applications.htm](http://www.dsm.com/en_US/html/hsc/Aspartame-applications.htm)

<sup>7</sup> [www.ajinomoto.ch](http://www.ajinomoto.ch)

bileşenler yaygın olarak tüketilen birçok gıdanın yapısında da bulunmakta ve insan vücudunda et, peynir, balık, sebze, meyve suyu ve anne sütünden de aynı şekilde metabolize edilmektedir. Ayrıca bazı yiyecek ve içeceklerden, Şekil 2.5' de görüldüğü gibi vücuda aspartam ile alınandan daha fazla miktarda alınmaktadırlar (7, Özbek ve Yentür 1993, Öz 2003, Pinheiro ve ark. 2005).



Şekil 2.4. Aspartamın Kimyasal Yapısı ve Yıkım Ürünleri



Şekil 2.5. Bazı Gıdaların Aspartam Bileşenleri İçerikleri

Aspartam, yapısında bulunan dipeptidin vücutta tamamen sindirilmesi nedeni ile enerji veren (4 Kcal/g) bir madde olmakla birlikte sakarozla göre çok düşük miktarlarda kullanıldığından sağladığı kalori düşük düzeydedir. Çizelge 2.2' de aspartam ve sakaroz kullanılarak üretilen ürünlerin kalori değerleri karşılaştırılmıştır (7 Artık ve ark. 1992, Doğan ve Boroğlu 2000).

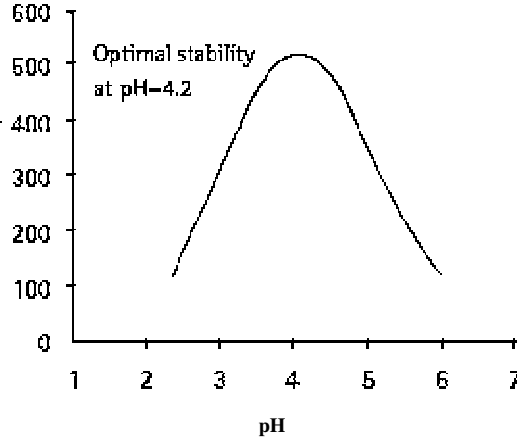
**Çizelge 2.2.** Aspartam ve Sakaroz Kullanılarak Üretilen Ürünlerin Enerji Değerlerinin ve Karbonhidrat Miktarlarının Karşılaştırılması

Ürünler		Enerji değeri (Kcal)		Karbonhidrat miktarı (g)	
		Sakaroz	Aspartam	Sakaroz	Aspartam
Gazlı içecekler	330 ml	145	2	35	<1
Toz içecekler	240 ml	86	5	21	1
Meyveli yoğurt	180 g	207	81	34	11
Sofralık tatlandırıcı	Tablet	16	<1	4	<0.1
Sofralık tatlandırıcı	Toz	16	2	4	0.4

Aspartamın stabilitesi pH, sıcaklık ve nem gibi faktörlerden etkilenmekte olup, yüksek sıcaklık ve asidik ortamlarda ester bağı hidroliz olarak aspartilfenilalanin ve metanol oluşmaktadır. Oluşan metanol aspartamın diketopiperazine dönüştürülmesiyle ortamdan uzaklaştırılabilmektedir. Diketopiperazin de hidrolize olarak aspartilfenilalanine dönüşmekte ve daha ileri safhada ise kendini oluşturan iki aminoasit; aspartik asit ve fenilalanini oluşturmaktadır. Bu oluşan maddeler tatlı tada sahip olmadıkları için gıdada tatlılık kaybına neden olmaktadır (Artık ve ark. 1992, Altuğ ve Elmacı 2001). Bu nedenle aspartamın yüksek sıcaklık ve uzun süre depolama gerektirmeyen ürünlerde kullanılması önerilmektedir. 110 °C nin üzerinde bozulma meydana gelir. Kuru ürünlerde aspartamın stabilitesinin yüksek olduğu, nem miktarı arttıkça stabilitenin azaldığı saptanmıştır. %8 ve altındaki nem düzeylerinde aspartamın oldukça stabil olduğu belirtilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001, Küçüköner ve Kılınççeker 2002). Nemin bulunmadığı şartlarda aspartam saf formunda birkaç yıl depolanabilir. Minimum raf ömrü optimum şartlarda 5 yıldır. Bu yüzden toz karışım gibi kuru uygulamalarda ya da tablet formunda hem üretim prosesi boyunca hem de ürünün raf ömrü boyunca stabilize son derece iyidir. Nem ve depolama göz önüne alındığında 30 °C de %70 nispi nemde 6 ay depolamada aspartamda bozulma tespit

edilmiştir. Bunun yanı sıra 20 °C de %40 nispi nemde 1 yıl depolandığında %2 den daha az bozulma olduğu gözlenmiştir (Doğan ve Boroğlu 2000).

Protein yapıda olmasına rağmen aspartam, içecek sektörü başta olmak üzere birçok gıda sektöründe başarılı bir stabiliteye sahiptir. Ortamın pH'sının raf ömrü üzerine etkisi yadsınamaz. Fosforik asit içeren ürünler en kısa raf ömrüne sahiptir. Stabilite için optimum pH 4.2 civarındadır. Ancak pH 3–5 civarında da stabilitesini koruyabilir. Aspartamın alkali pH değerine sahip sıvılarda kullanımı pek tavsiye edilmez. Aspartam stabilitesinin korunması açısından uygun pH seviyeleri ve kontrollü depolama sıcaklıkları önem taşımaktadır Şekil 2.6' da aspartamın 20 °C'deki stabilite profili görülmektedir<sup>7</sup>.



Şekil 2.6. Aspartamın 20 °C'deki Stabilite Profili

Aspartam uzun süre yüksek sıcaklığa maruz bırakılmamalıdır. Ancak UHT, HTST ve sıcak dolum paketlemede başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Doğan ve Boroğlu 2000, Pinheiro ve ark. 2005). LTLT pastörizasyon işleminde kayıp %3 den daha az, HTST işleminde bu oran %1'in altındadır. UHT yöntem işlemede aspartam kaybı ihmal edilebilecek düzeyde kalmaktadır (Çizelge 2.3) (<sup>7</sup>,Doğan ve Boroğlu 2000).

**Çizelge 2.3.** Farklı Isıl İşlem Yöntemlerinde Aspartamın Stabilitesi

	pH	Aspartam miktarındaki kayıp
UHT 15 sn / 121–135 °C	2.5 – 3.5	% 0.5 - 1.5
Uzun süre pastörizasyon 15 dk / 80 °C	2.6 – 4.2	% 2.0 – 4.0
HTST 15 sn / 72 °C	3.5	< % 1.0
Sıcak dolum 88 °C	3.5	% 3.0 – 6.0
Isıl işlem 20 dk / 90 °C	3.8	< %5.0

Aspartam, diğer karbonhidratlar ve yüksek tatlılık potansiyeline sahip sakaroz, glikoz, fruktoz ve sakarin ile birlikte kullanıldığında çok çeşitli düşük kalorili ürünler elde edilebilmektedir. Aspartam diğer tatlandırıcılar ile birlikte kullanıldığında sinerjistik etki göstererek, kullanılan toplam tatlandırıcı miktarının azaltılmasını da sağlamaktadır. Aspartam, asesulfam K ile birlikte kullanıldığında sinerjistik etki gözlenmekte olup, çeşitli gıdalarda yapılan çalışmalarda aspartam / asesulfam K karışımı için en etkili oranın 1:1 olduğu belirlenmiştir (Altuğ ve Elmacı 2001).

Aspartam aroma modifikasyonu amacıyla gıdalara %0.01, tatlılığı arttırmak için ise %0.6 düzeyinde katılmaktadır. Gıdalara ilave edilecek aspartam miktarı gıdanın pH değerine, sıcaklığa, viskoziteye, toplam kuru madde ve ürünün spesifik aromasına göre değişiklik göstermektedir.

Gazlı içecekler, tatlılığı ve tüketimi fazla olan gıda maddeleridir. Aspartamın gazlı içecekler ile uyumu; pH, depolama zamanı, aspartamın dağılım zamanı ve konsantrasyon ile ilişkilidir. Gazlı içeceklerde kullanılan aspartam düzeyi pH ve gazlı içecek cinsine göre farklılık göstermektedir (Artık ve ark. 1992).

Tahıl ürünlerinde, bir kısım şeker yerine aspartam kullanılmaktadır. Kullanılan aspartam ile şeker miktarı azaldığı için daha fazla tahıl ile daha az enerji eldesi mümkün olabilmektedir. Aspartam tahıl ürünleri üzerine püskürtme ile verilebilmektedir.

Şekerlemelerde (şekersiz naneli şekerler, sert şekerlemeler, çikolata, sakız, yumuşak şekerlemeler vb.) aspartamın diş çürümelerine neden olmaması, kalori değerinin düşük olması nedeniyle yaygın şekilde kullanılmaktadır. Şeker oranı yüksek olan bu ürünlerde aspartam kullanımı ile teknolojik problemler de önemli düzeyde çözümlenmiş olmaktadır (Artık ve ark. 1992).

Aspartam bunların dışında tatlı turşularda, kremalarda, reçel, marmelat, jele ve benzeri pasta dolgu maddelerinde de kullanılmaktadır (Artık ve ark. 1992). Çizelge 2.4’ de aspartamın kullanımına izin verilen gıdalar ve kullanılabilir maksimum miktarlar görülmektedir.

**Çizelge 2.4.** Aspartamın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
E 951 Aspartam	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz alkolsüz içecekler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış içecekler	600 mg/L
	Süt ve süt türevleri veya meyve suyu bazlı içecekler	600 mg/L
	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz tatlılar ve benzeri ürünler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış tatlılar	1000mg/kg
	Süt ve süt türevi bazlı karışımlar	1000mg/kg
	Meyve ve sebze bazlı tatlılar	1000mg/kg
	Yumurta bazlı tatlılar	1000mg/kg
	Tahıl bazlı tatlılar	1000mg/kg
	Yağ bazlı tatlılar	1000mg/kg
	<b>Şekerlemeler ve diğerleri</b>	
	Şeker ilavesiz şekerlemeler	1000 mg/kg
	Şeker ilavesiz nefes ferahlatıcı şekerlemeler	6000 mg/kg
	Aromalandırılmış şeker ilavesiz boğaz pastilleri	2000 mg/kg
	Şeker ilavesiz sakız	5500 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz nişasta bazlı şekerlemeler	2000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao veya kuru meyve bazlı şekerlemeler	2000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao, süt, kuru meyve veya yağ bazlı sürülebilir ürünler	1000 mg/kg
	Çerezler, yenmeye hazır aromalandırılmış, ambalajlanmış, kuru baharatlı nişastalı ürünler ve kaplanmış sert kabuklu yağlı meyveler	500 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz yenilebilir buzlar ve dondurma	800 mg/kg
	Soslar	350 mg/kg
	Hardal	350 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış çorbalar	110 mg/L

**Çizelge 2.4. (devamı) Aspartamın Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)**

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
E 951 Aspartam	Balıklar, marine edilmiş balıklar, kabuklular ve yumuşakçaların tatlı-ekşi korunmuş veya yarı korunmuş olanları	300 mg/kg
	Tatlı-ekşi korunmuş meyve ve sebzeler	300 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış reçel, jele ve marmelatlar, geleneksel reçel, geleneksel marmelat	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz meyve konserveleri	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış meyve sebze karışımları	1000 mg/kg
	En az % 15 lif ve % 20 kepek içeren enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kahvaltılık tahıllar	1000 mg/kg
	Özel beslenme amaçlı hafif fırıncılık ürünleri	1700 mg/kg
	“TGK – Kilo verme amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	800 mg/kg
	“TGK – Özel Tıbbi Amaçlı Diyet Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	1000 mg/kg
	Sıvı formdaki gıda takviyeleri	600 mg/kg
	Katı formdaki gıda takviyeleri	2000 mg/kg
	Vitamin ve/veya bazlı şurup şeklinde veya çiğnenebilir formdaki gıda takviyeleri	5500 mg/kg
	Elma ve armut şarabı	600 mg/L
	Enerjisi azaltılmış bira	25 mg/L
	Alkolsüz veya alkol miktarı hacmen %1.2' yi geçmeyen biralar	600 mg/L
	Hafif üst fermentasyon birası dışında orijinal şıra ekstraktı %6 dan az olan Sofra birası	600 mg/L
	Asitliği NaOH cinsinden minimum 30 milieşdeğere eşit olan biralar	600 mg/L
	"oud bruin" tipi kahverengi biralar	600 mg/L
	Alkolsüz içeceklerle bira, elma ve armut şarapları, distile alkollü içkiler veya şarap karışımından oluşan içecekler	600 mg/L
	Hacmen %15'den az alkol içeren distile alkollü içecekler	600 mg/L

Aspartamın vücuda aşırı miktar alınımından sonra beyin hasarına, tümörlere neden olduğu konusundaki endişeler, yapılan çalışmalar sonucunda giderilmiştir. Aspartamın bilinen hiçbir yan etkisi yoktur. Sağlıklı yetişkinler, iki yaşından büyük çocuklar, gebe, emziren kadınlar ve diyabetli hastalar için sağlıklı olduğu ve rahatlıkla kullanılabileceği FDA tarafından belirtilmiştir (Küçüköner ve Kılınççeker 2002).



Aspartamın birçok kuru gıda da (kahvaltılık tahıllar, jelatin, puding, sakız gibi) tatlandırıcı olarak kullanılması 1974 yılında FDA tarafından onaylanmıştır. Bu onay 1983 yılında gazlı içecekleri de kapsamıştır. İngiltere’de kullanımına ilk olarak 1982 yılında onay verilmiştir. 1985 yılında Amerikan Tıp Birliği (AMA) mevcut kanıtların sanılanın aksine aspartamın normal insanlar tarafından tüketiminin güvenli olduğunu ifade etmiştir. 1996 yılında FDA aspartamın yiyecek ve içeceklerde genel amaçlı kullanımını onaylamış, bununla birlikte aspartam 100’den fazla ülkede kullanılmaya başlanmıştır (Anonim 2004).

Aspartamın piyasaya sürülmesinden sonra bazı bilimsel itirazlar gelmiş ve bunlar hayvan ve insan deneyleri ile incelenmiştir. Onaylanmadan önce olduğu gibi bu itirazlar büyük oranda metabolik bileşenlerin aşırı yüksek dozlarda verilmesiyle oluşabilecek hipotetik toksisite üzerinde yoğunlaşmış ve aspartik asitin potansiyel nörotoksitesisi, fenilalaninin beyin fonksiyonlarına potansiyel etkileri ve metanol metaboliti formatın potansiyel toksisitesini içermiştir. Bu itirazlar aspartamın onaylanmasından önce dünya genelinde resmi kuruluşlar tarafından tatmin edici bir şekilde çözümlenmiş olmasına rağmen onaylandıktan sonraki ek çalışmalarla da prelinik güvenlik paradigmaları tekrar gözden geçirilmiş; aspartam tüketiminin kabul edilebilir günlük tüketim düzeyine oranı, metabolizması, aspartat ve eksitoksisite, fenilalanin ve nörokimya, metanol toksisitesi, aspartamla ilişkilendirilen diğer istenmeyen etkiler, duyarlı populasyonlarda kullanımı, ağırlık kontrolündeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmalarla elde edilen veriler daha önceki çalışmaların sonuçlarını daha da kesinleştirmiş ve aspartam güvenilirliği üzerine oluşan veri tabanını genişletmiştir (Öz 2003).

Fenilalaninin tirozine dönüşümünün engellenmesi bir nevi kalıtsal bir metabolizma bozukluğu göstergesidir. Bu nedenle birey fenilalanini tirozine çeviremez. Bunun sonucunda vücutta fenilalaninin değişik katabolitleri meydana gelir, böylece fenilpirüvik asidin değişimi ile oluşan fenilasetik asidi ortaya çıkar. Fenil asetat ise karaciğerde glutamin ile birleşik ve fenilasetilglutamin şeklinde idrarla dışarı atılır. Bu olgu fenilketonuri hastalarında ve özellikle bebeklerde zeka geriliğine sebep olur. Bu nedenle fenilalanin içeriği çok az olan gıdalarla beslenmeleri gerekir (Yurdagel 1996).

Aspartamın özellikle monosodyum glutamat içeren gıdalarla birlikte alındığında aspartat ve glutamatın birleşerek plazma konsantrasyonunu yükselteceği, bunun da beyin lezyonları yönünden risk oluşturabileceği düşünölmekteydi. Yapılan çalışmalar

sonucunda, neonatal farelerde beyin lezyonları ancak aşırı yüksek glutamat veya aspartat dozları ile oluşturulabilmiş; insanlar üzerinde yapılan birçok metabolizma çalışması, bir insanın daima aspartam içeren ürünler tüketmesi, hatta bunu monosodyum glutamat ile birlikte alması halinde bile plazma aspartat / glutamat / aspartat + glutamat konsantrasyonunun neonatal farelerdeki toksisite görülen konsantrasyona kadar ulaştırabilmesinin olanaksız olduğunu göstermiştir.

Aspartamın bileşiminde fenilalaninin beyin fonksiyonlarını değiştirebileceği, sonuçta başağrısı, konvülsif (şok) nöbetler, davranış ve ruhsal durum değişiklikleri yapabileceği iddia edilmiştir. Erişkin insanlar üzerinde yapılan birçok metabolizma çalışması aspartamın tipik tüketim düzeylerinden çok daha fazla verilmesinin (% 90 tüketim grubunun aldığından 100 katı) güvenli plazma fenilalanin konsantrasyonları ile sonuçlandığını, beyin kimyasında herhangi bir etki oluşturmadığını göstermiştir.

Kan metanol konsantrasyonlarında herhangi bir artış oluşturabilmek için ağız yolu ile en az 50 mg/kg aspartam alınmalıdır. Yapılan bir çalışmada 200 mg/kg hap alımı ve 75 mg/kg/gün uzun süreli aspartam dozlarında metanolün toksik metaboliti olan formatın kan konsantrasyonunda hiçbir artış olmadığı saptanmıştır. Bu aspartam dozları erişkin bir insanın %100 aspartamla tatlandırılmış 28 litre meşrubatı hap olarak tüketmesine ve 6 ay boyunca günde 10 L %100 aspartamla tatlandırılmış meşrubat tüketmesine eşdeğerdir. Başka bir deyişle bir insanın kan format konsantrasyonunu toksik düzeylere çıkarmak için gerekli aspartamı tüketebilmesi olanaksızdır.

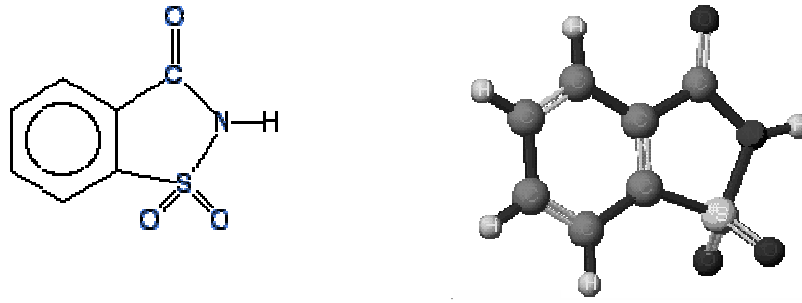
Aspartamın resmi onayından önce yapılan toksisite, karsinogenesite, genetik ve reproduktif toksisite, teratojenesite değerlendirmeleri ile insanlarda sağlıklı kişiler, bebekler, çocuklar, adolesanlar, fenilketonüri heterozigotları, obez kişiler ve diabetiklerde yapılan metabolizma ve tolerans çalışmaları, dünya çapında resmi kurumlar, uzman komiteleri tarafından değerlendirilmiş ve tatlandırıcı olarak kullanılmasının güvenilirliği kesinleşmiştir. Onaylandıktan sonraki ek çalışmalarla prelinik güvenlik paradigmaları tekrar gözden geçirilmiş; aspartam tüketiminin kabul edilebilir günlük tüketim düzeyine oranı, metabolizması, aspartat ve eksitotoksisite, fenilalanin ve nörokimya, metanol toksisitesi, aspartamla ilişkilendirilen diğer istenmeyen etkiler, duyarlı populasyonlarda kullanımı, ağırlık kontrolündeki etkileri incelenmiştir. Tüm bu çalışmalardan elde edilen veriler, aspartamın önerilen doz sınırları içinde kullanılması durumunda güvenilir bir tatlandırıcı olduğu gerçeğini

desteklemektedir. Aspartam için bu değer (ADI) 40 mg/kg vücut ağırlığı/gün olarak tavsiye edilmektedir (Öz 2003).

### 2.1.3. Sakarin

Sakarin 1879 yılında keşfedilmiş ilk kalorisiz yapay tatlandırıcıdır. Uzun yıllar tek başına veya diğer tatlandırıcılar ile birlikte kullanılmıştır. Halen 90'ın üzerindeki ülkede kullanımına izin verilmektedir (Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

Pek çok ülkede ticari olarak Resmen-Fahlberg işlemi ile üretilen sakarin, ABD'de Maumee işlemi ile üretilmektedir. Resmen-Fahlberg işleminde toluen, klorosulfonik asitle reaksiyona sokularak izomerik toluen – sulfoklorid oluşturulmakta, daha sonra amonyak varlığında 2-toluen sulfoklorid 2-toluensulfonik asitamid üretilmektedir. Söz konusu bileşik uygun koşullarda sakarine okside olmaktadır. Sakarinin moleküler yapısı şekil 2.7 de görülmektedir <sup>5</sup>.



Şekil 2.7. Sakarinin Moleküler Formülü

Maumee işleminde ise reaksiyon antranilik asit veya metil esteri ile başlamakta ve antranilik asit, sodyum nitrit varlığında diazonyum bileşiğini oluşturmaktadır. Söz konusu maddenin kükürt dioksit ile reaksiyona girmesi ve amonyakla reaksiyonu sonucunda sakarini oluşturacak olan 2-klorosulfonikbenzoik asit metil esteri üretilmektedir.

Sakarin sakaroz çözeltisinden 300 kat daha tatlıdır. Kimyasal ismi 1,2-benzisotiazolin-3-on-1,1-dioksit ( $C_7H_5NO_3S$ ) olan sakarin beyaz, kristal yapıda, kokusuz bir tozdur. Erime noktası 228-230 °C, sudaki çözünürlüğü 20 °C de 2 g/L, 100 °C de ise 40 g/L'dir. Sakarinin sulu çözeltisi asidik karakterde olup, oda sıcaklığında doymuş çözeltisinin pH'sı 2'dir. Alkali hidroksit veya karbonat çözeltilerinde sakarinin

kolay çözüldüğü ve tuzlarını oluşturduğu saptanmıştır (Altuğ ve Elmacı 2001). Ticari olarak asit formu bilinen sakarinin gıda ve içecek formülasyonlarında genellikle tuzları kullanılmaktadır. En çok rastlanan tuzları sodyum ve kalsiyum olup, potasyum ve amonyum tuzları da bulunmaktadır (Küçüköner ve Kılınççeker 2002). Sodyum sakarinin sudaki çözünürlüğü sakarine göre daha yüksek olup, oda sıcaklığında 1000g/L, 100 °C de 3000g/L'dir. Kalsiyum sakarinin ise oda sıcaklığında suda çözünürlüğü 370g/L, 100 °C de ise yine 3000g/L'dir (Altuğ ve Elmacı 2001).

Sakarın beyaz, toz yapıda kuru şartlarda stabil olan bir tatlandırıcıdır. Tadım sonrası ağızda bıraktığı acı ve metalik tat, siklamat, aspartam, asesulfam K veya sukraloz gibi tatlandırıcılarla birlikte kullanılarak maskelenebilir. Sakarin aseton, etanol ve gliserolde çözünmekte, kloroform ve dietileterde ise oldukça az çözünmektedir.

Sakarın kullanımının bazı avantajları;

1. Tatlılık gücünün yüksek olması (tatlılık derecesi %10'luk sakaroz çözeltisinden 200 kat daha fazladır)
2. Yüksek stabiliteye ve uzun raf ömrüne sahip olması
3. Diabetli hastalar için uygun olması
4. Kalorisinin düşük olması
5. Ürünlerde yaygın olarak kullanılabilmesi şeklinde sıralanabilir.

Sakarinin ekstrem koşullarda da (150°C ve üstü sıcaklıklarda, pH 2 – 8 aralığında) stabilitesini koruyabilmesi nedeniyle unlu mamuller, salata sosları, reçeller, gazlı içecekler, meyve konsantreleri, konserve gıdalar ve diğer birçok gıdanın üretiminde kullanılabilir. Buna karşın pH 2'nin altında ve 380 °C sıcaklıkta hidrolize olarak parçalanarak sakarinden tatlı tada sahip olmayan iki asit ortaya çıkmakta ve nitrojen oksit ve sülfür gibi toksik bileşikler oluşmaktadır (Nelson 2000, Pinheiro ve ark. 2005).

Özellikle aspartam ve siklamat ile birlikte yiyecek ve içecekler için geniş bir kullanım alanı olan sakarin daha çok diyet gıdalar, alkolsüz içecekler, sütlü tatlılar, kozmetik ve farmakolojik alanlarda kullanılmaktadır Sakarinin orta ve yüksek kullanım düzeylerinde tatlılığının yanı sıra metalik ve acımsı bir tat verdiği de saptanmıştır. Bu tadın maskelenmesi amacıyla tatlandırıcı karışımları önerilmiş ve en uygun karışımın 1:9 sodyum sakarin - sodyum siklamat olduğu belirlenmiştir. Bu durumda tatlılığın arttığı ve sakarin acı tadının eşik seviyesinin altında kaldığı gözlenmiştir (Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

Çizelge 2.5' de Sakarin'nin kullanımına izin verilen gıdalar ve kullanılabilir maksimum miktarlar görülmektedir.

**Çizelge 2.5** Sakarinin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
E954 Sakarin ve sodyum potasyum ve kalsiyum tuzları	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz alkolsüz içecekler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış içecekler	80 mg/L
	Süt ve süt türevleri veya meyve suyu bazlı içecekler	80 mg/L
	“Gazoz” Karbondioksit, tatlandırıcı ve aroma katkıları, su bazlı özel bir alkolsüz içecek	100 mg/L
	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz tatlılar ve benzeri ürünler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış tatlılar	100 mg/kg
	Süt ve süt türevi bazlı karışımlar	100 mg/kg
	Meyve ve sebze bazlı tatlılar	100 mg/kg
	Yumurta bazlı tatlılar	100 mg/kg
	Tahıl bazlı tatlılar	100 mg/kg
	Yağ bazlı tatlılar	100 mg/kg
	<b>Şekerlemeler ve diğerleri</b>	
	Şeker ilavesiz şekerlemeler	500 mg/kg
	Şeker ilavesiz nefes ferahlatıcı şekerlemeler	3000 mg/kg
	Şeker ilavesiz sakız	1200 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz nişasta bazlı şekerlemeler	300 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao veya kuru meyve bazlı şekerlemeler	500 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao, süt, kuru meyve veya yağ bazlı sürülebilir ürünler	200 mg/kg
	Çerezler, yenmeye hazır aromalandırılmış, ambalajlanmış, kuru baharatlı nişastalı ürünler ve kaplanmış sert kabuklu yağlı meyveler	100 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz yenilebilir buzlar ve dondurma	100 mg/kg
	Dondurma ve yenilebilir buzlar için kullanılan şeker ilavesiz külâh ve gofretler	800 mg/kg
	Soslar	160 mg/kg

**Çizelge 2.5 (devamı) Sakarinin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)**

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
E954 Sakarin ve sodyum potasyum ve kalsiyum tuzları	Hardal	320 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış çorbalar	110 mg/L
	Balıklar, marine edilmiş balıklar, kabuklular ve yumuşakçaların tatlı-ekşi korunmuş veya yarı korunmuş olanları	160 mg/kg
	Tatlı-ekşi korunmuş meyve ve sebzeler	160 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış reçel, jöle ve marmelatlar, geleneksel reçel, geleneksel marmelat	200 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz meyve konserveleri	200 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış meyve sebze karışımları	200 mg/kg
	En az % 15 lif ve % 20 kepek içeren enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kahvaltılık tahıllar	100 mg/kg
	Özel beslenme amaçlı hafif fırıncılık ürünleri	170 mg/kg
	“TGK – Kilo verme amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	240 mg/kg
	“TGK – Özel Tıbbi Amaçlı Diyet Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	200 mg/kg
	Sıvı formdaki gıda takviyeleri	80 mg/kg
	Katı formdaki gıda takviyeleri	500 mg/kg
	Vitamin ve/veya bazlı şurup şeklinde veya çiğnenebilir formdaki gıda takviyeleri	1200 mg/kg
	Elma ve armut şarabı	80 mg/L
	Alkolsüz veya alkol miktarı hacmen %1.2' yi geçmeyen biralar	80 mg/L
	Hafif üst fermentasyon birası dışında orijinal şıra ekstraktı %6 dan az olan Sofra birası	80 mg/L
	Asitliği NaOH cinsinden minimum 30 milieşdeğere eşit olan biralar	80 mg/L
	"oud bruin" tipi kahverengi biralar	80 mg/L
	Alkolsüz içeceklerle bira, elma ve armut şarapları, distile alkollü içkiler veya şarap karışımından oluşan içecekler	80 mg/L
Hacmen %15'den az alkol içeren distile alkollü içecekler	80 mg/L	

Wolf (1979)' e göre ürüne 8g/100g sakaroza denk gelecek miktarda sakarin katıldığında tatlılık yoğunluğu azalır ve tadım sonrası sakarinin ağızda bıraktığı acı tat artar. Fakat sakarin siklamatla 1:10 oranında karıştırılıp kullanılırsa tadım sonrası izlenim azalır. Yoğurt gibi süt ürünlerinde sakaroz yerine sakarin kullanılabilir, ancak

bu durumda aljinat, pektin veya karagen gibi hacim verici ajanların kullanılması gerekmektedir (Pinheiro ve ark. 2005).

Hyvoenen and Slotte (1983) farklı tatlandırıcıların yoğurt kalitesi üzerine etkisi konusunda yaptıkları çalışmada tatlandırıcıları süte inkübasyondan önce veya fermentasyon sırasında eklemişlerdir. İnkübasyondan sonra katılan sakarin haricindeki tüm tatlandırıcılar yoğurtta hoş bir tat sağlamıştır. Buna karşın sakarin, ksilitol ile karıştırılarak kullanıldığında tadım sonrası oluşan acı tat maskelenebilmiştir. Buna ek olarak sorbitol süte fermentasyondan önce katıldığında starter kültür çoğalmasını engellemiştir ve sorbitol ancak sakaroz ile birlikte kullanıldığında istenen yeterli tadı sağlamıştır ve araştırmacılar hazırladıkları bazı formülasyonların kullanılmasını tavsiye etmişlerdir. Bu formülasyonlar,

%8 ksilitol, %7 fruktoz ve %0.07 siklamat veya

%4 ksilitol ve %0.07 sakarin/ %8 sakaroz şeklindedir (Pinheiro ve ark. 2005).

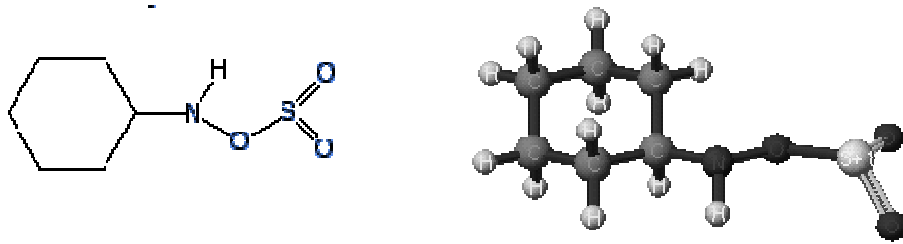
Sakarin ile ilgili toksikolojik çalışmalar 1879 yılında bulunmasından hemen sonra başlamıştır. Fareler üzerinde yapılan toksisite testlerinde sakarinle mesane, rahim, yumurtalık ve cilt kanseri arasında ilişki bulunmuş, bu nedenle 1977 yılında FDA tarafından çıkarılan *Deaney hükmü* göz önüne alınarak sakarinin kullanımı yasaklanmıştır (Altuğ ve Elmacı 2001). 1990'lı yılların sonlarına doğru FDA ve Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH), Kalori Kontrol Konseyi (CCC) tarafından sakarin ile sadece erkek farelerde mesane kanseri arasında bir ilişki olduğu, fakat insanlarda kanser gelişmesi için aynı mekanizmanın işlemediği konusunda ikna edilmiştir. (Nabors 2004, Schardt 2004). Bununla birlikte sakarin yerine tüketilecek bir tatlandırıcı bulunmaması ve tümör oluşturan maddelerle ilgili de *minimum doktrinin* yürürlüğe girmesi nedeni ile sakarinin kullanılmasına tekrar izin verilmeye başlanmıştır (Altuğ ve Elmacı 2001). 2000 yılında NIH, Ulusal Toksikoloji Programında sakarini karsinojen listesinden çıkarmıştır (Anonim 2004). Daha sonraki yıllarda Ulusal Kanser Enstitüsünün (NCI) yaptığı bir çalışmada önemli miktarda sakarin tüketen kişilerde mesane kanseri riskinde artış olduğuna dair kanıtlar bulunmuş ve bu tüketicilerin aşırı miktarda sofralık tatlandırıcı ve diyet soda tükettikleri belirlenmiştir. Bahsi geçen miktar 6 ve üstü porsiyonda sofralık tatlandırıcı ve 2-8 porsiyon diyet içecek tüketimi olarak belirlenmiştir (Schardt 2004). Günümüzde sürdürülmekte olan toksikolojik

değerlendirmeler sonucunda sakarin düşük potansiyele sahip kokarsinojen olarak sınıflandırılmaktadır (Altuğ ve Elmacı 2001).

Sakarin vücuda alındığında yavaşça absorbe edilmektedir. Fakat metabolize olmamakta ve böbreklerde bir değişikliğe uğramadan vücuttan atılmaktadır. JECFA tarafından vücut ağırlığı başına 0–2,5 mg/kg ADI değerinde tüketilen sakarinin insanlarda kanser riskini arttırmayacağı saptanarak gıdalarda kullanımına izin verilmiştir (Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

#### 2.1.4. Siklamat

1937 yılında Sveda tarafından siklohegzil sulfamik asidin tatlı tat verme özelliği belirlendikten sonra 1950 yılında ticari olarak kalsiyum ve sodyum tuzları şeklinde kullanılmaya başlanan bir tatlandırıcıdır. Siklamat üretimi, siklohegzilaminin sulfamik asitle reaksiyona girerek N-siklohegzil-N-siklohegzilamonyum sulfomat oluşturmasıyla başlamaktadır. Daha sonra sodyum veya kalsiyum hidroksit kullanılarak siklohegzilamin serbest hale getirilmektedir (Çopur ve Tamer 1999, Altuğ ve Elmacı 2001). Siklamatın molekül formülü Şekil 2.8 de görülmektedir.<sup>5</sup>



**Şekil 2.8.** Siklamatın Molekül Formülü

Siklohegzil sulfamik asit (C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>3</sub>S) yapısındaki siklamat, 169 – 170 °C’de erirken, tuzlarının erime noktası kesin olarak tanımlanmamış olup, yüksek sıcaklıklarda bozuldukları saptanmıştır. Sodyum siklamat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>NNaO<sub>3</sub>S) tatlandırıcı olarak kullanılan en yaygın siklamattır. Beyaz, kokusuz, kristal formdaki madde 260 °C’de bozulmaktadır. Oda sıcaklığında sudaki çözünürlüğü ağırlıkça %20 olan sodyum siklamatın organik çözümlerdeki çözünürlüğü oldukça düşüktür. Kalsiyum siklamatın (C<sub>6</sub>H<sub>24</sub>CaN<sub>2</sub>O<sub>6</sub>S<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), sodyum siklamata kıyasla tatlılık özelliği açısından daha az önemli oluşu bildirilmektedir. Siklamatlar pH 2 – 10 arasında hidrolitik parçalanmaya



karşı stabiliteyi yüksek oluğundan gıda işlemedeki koşullardan etkilenmemekte ve raf ömrü konusunda problem oluşturmamaktadır.

Siklamatin seyreltik sakaroz çözeltilisinden 30–50 kat daha az tatlılığa sahip olduğu saptanmıştır. Sodyum siklamatin ise 0,1 mol/L sakaroz çözeltilisine göre 35 kat tatlılığa sahip olduğu belirlenmiştir (Altuğ ve Elmacı 2001). Konsantrasyon artıkça tatlılık azalmaktadır. Siklamat sıvı ürünlere, katı ürünlere oranla ve meyve aromasının yoğun olduğu ürünlere daha fazla tatlılık vermektedir. En çok etkisini greyfurt suyunda gösterir. Greyfurtta yadırganan acı tadı maskeleyebilir. Özellikle sodyum siklamat portakal aromasının bulunduğu ortamda sakaroz ile oldukça iyi bir sinerjistik etki gösterir. Farmakolojik ve kozmetik ürünlerinde de ürüne verdiği hoş aroma nedeniyle kullanılır. Siklamat; içecek, şekerleme, sofralık tatlandırıcı, jelle, kahvaltılık tahıllar, sakızlar ve çikolata gibi birçok gıda üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Beck 1978, Spillane 2004). Siklamatin sakarin ile 10:1 oranında kullanılmasının hoşa giden tatlılık oluşturduğu belirlenmiştir. Siklamat, sakarinin tat sonrası izlenimini maskelerken, sakarinin sinerjistik etkisi ile tatlılığının arttığı gözlenmiş ve siklamatin sakarine göre dengeli ve hoş lezzet karakterine sahip olduğu da saptanmıştır (Altuğ ve Elmacı 2001). Ayrıca sakaroz ile %13, maltitol ile %27 oranında karıştırıldığında iyi bir sinerji oluşturduğu belirlenmiştir.

Son zamanlarda yapılan birçok çalışma ile alüminyum, magnezyum, çinko, baryum ve lityum siklamatin tatlı tada sahip olduğu belirlenmiş, ilk dört siklamatin yoğun tatlılığa ve ilk üçünün ise güçlü bir meyve aromasına sahip olduğu ortaya konmuştur. Bu beş siklamat tuzundan alüminyum ve lityumun suda çözünlüğü yüksek, baryumun daha az, magnezyum ve çinkonun ise oldukça düşüktür (Spillane 2004). Çizelge 2.6’da Siklamatin kullanımına izin verilen gıdalar ve kullanılabilir maksimum miktarlar görölmektedir.

**Çizelge 2.6.** Siklamatin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
E 952 Siklamik asit ve sodyum ve kalsiyum tuzları	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz alkolsüz içecekler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış içecekler	250 mg/L
	Süt ve süt türevleri veya meyve suyu bazlı içecekler	250 mg/L
	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz tatlılar ve benzeri ürünler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış tatlılar	250 mg/kg
	Süt ve süt türevi bazlı karışımlar	250 mg/kg
	Meyve ve sebze bazlı tatlılar	250 mg/kg
	Yumurta bazlı tatlılar	250 mg/kg
	Tahıl bazlı tatlılar	250 mg/kg
	Yağ bazlı tatlılar	250 mg/kg
	<b>Şekerlemeler ve diğerleri</b>	
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao, süt, kuru meyve veya yağ bazlı sürülebilir ürünler	500 mg/kg
	Soslar	–
	Enerjisi azaltılmış reçel, jöle ve marmelatlar, geleneksel reçel, geleneksel marmelat	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz meyve konserveleri	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış meyve sebze karışımları	250 mg/kg
	Özel beslenme amaçlı hafif fırıncılık ürünleri	1600 mg/kg
	“TGK – Kilo verme amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	400 mg/kg
	“TGK – Özel Tıbbi Amaçlı Diyet Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	400 mg/kg
	Sıvı formdaki gıda takviyeleri	400 mg/kg
Katı formdaki gıda takviyeleri	500 mg/kg	
Vitamin ve/veya bazlı şurup şeklinde veya çiğnenebilir formdaki gıda takviyeleri	1250 mg/kg	
Alkolsüz içeceklerle bira, elma ve armut şarapları, distile alkollü içkiler veya şarap karışımından oluşan içecekler	250 mg/L	

Siklamatin vücutta absorpsiyonu sınırlı düzeyde olmaktadır. Karaciğer tarafından metabolize edilmez ve değişmeden böbreklerden atılır. Ancak bağırsak bakterileri tarafından metaboliti olan siklohegzilamin oluşabilmektedir. Yapılan çalışmalarda siklohegzilaminin aktif bir kansorejen olduğu ve mesane kanserine neden olabileceği ifade edilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001). Ağız yolu ile siklamat verilen deney hayvanlarında verilen siklamatin %98'inin atıldığı izlenmiştir. Atılımın %40'nun üriner sistemle olduğu saptanmıştır. Siklamatların vücuttan atılması ile ilgili olarak birçok araştırma yapılmış, uzun süre siklamatin metabolize olmadan, değişikliğe uğramadan atıldığı kabul edilmiştir. Fakat siklamat değişmeden böbreklerden atılmakla birlikte bağırsak bakterileri tarafından metaboliti olan siklohegzilamin oluşabilmesi nedeniyle FAO/WHO ve FDA'nın gıda katkı maddeleri üzerinde çalışan Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) bu konu üzerinde çalışmaların yapılmasını önermiştir. 1984 yılında FDA'nın kanser değerlendirme komitesi yapılan birçok çalışmada siklamatin karsinogenik olmadığı kanısına varmış ve gıda katkı maddesi olarak kullanılmasını tekrar onaylamıştır (Çopur ve Tamer 1999, Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

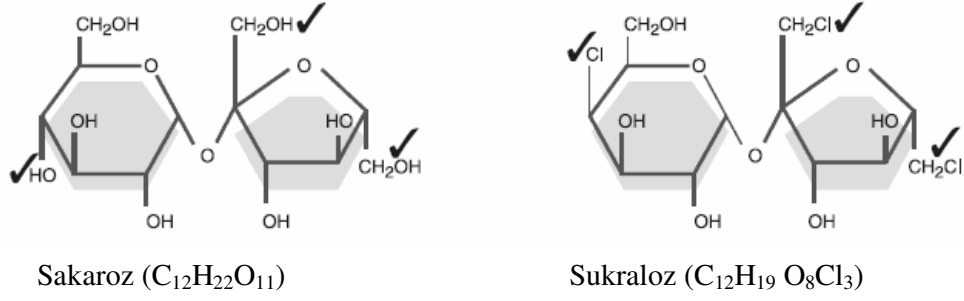
Dünya üzerinde 40'tan fazla ülkede kullanılmakta olan bu tatlandırıcının ADI değerini JECFA 1980 yılında 4mg/kg olarak belirlemiş, bu oran 1982 yılında 10mg/kg vücut ağırlığına çıkarılmış ve günümüzde vücut ağırlığı başına 11mg/kg olarak kabul edilmiştir (Oscar and Garfinkel 1989).

### **2.1.5. Sukraloz**

Sukraloz, ilk kez 1976 yılında sakarozun 1. 4., ve 6. pozisyonlarının bir prosesle seçici olarak klorlandırılmasıyla elde edilmiştir. Sukraloz, 1,6-dikloro-1,6-dideoksi-β-D fruktofuranozil - 4 - kloro - 4 - deoksi - α - D - galaktopiranozit (C<sub>12</sub>H<sub>19</sub>O<sub>8</sub>Cl<sub>3</sub>) yapısında bir madde olup, triklorogalaktosukroz olarak da bilinmektedir (Şekil 2.9) <sup>8</sup>. Halojenasyonun karbonhidratların tatlılıklarını arttırdığı belirlendikten sonra pek çok klorlandırılmış ve bromlandırılmış yoğun tatlandırıcı etkisi olan mono ve disakkarit keşfedilmiştir (Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

---

<sup>8</sup> [www.sucralose.org/brochure05.html](http://www.sucralose.org/brochure05.html)



**Şekil 2.9.** Sakaroz ve Sukralozun Moleküler Formülleri

Sukralozun sudaki çözünürlüğü (283 g/L) oldukça fazla olduğundan özellikle alkolsüz içkilerde kullanılmaktadır. Sulu çözeltide çok stabil olması nedeniyle bu formda satılmaktadır. Bilinen ticari adı Splenda'dır.

Sukraloz sofralık şekerden yapılmış ve enerji vermeyen tek tatlandırıcıdır. Seyreltik sakaroz çözeltilerine kıyasla 500–600 kere daha tatlı olan sukralozun tatlılık etkisinin aspartam gibi gecikmiş ancak kalıcı olduğu belirlenmiştir. Tat profili sakarozla oldukça yakındır. Ağızda tadım sonrası izlenim bırakmaz.

Geniş bir pH aralığında ve yüksek sıcaklıklarda da stabil olan sukraloz, pastörizasyon, aseptik dolun ve diğer yüksek sıcaklık gerektiren üretim proseslerinde stabilitesini korur. Böylece sukraloz içeren ürünlerde ısı işlem sonrası tat kaybı görülmemekte, aynı zamanda fırınlama veya pişirme sırasında sakarozun karakteristik özellikleri oluşmamaktadır.<sup>9</sup>

Yapılan çalışmalarda fırın ürünleri, meyve konserveleri, reçel ve jellelerde proses ve depolama süresince sukraloz miktarında ölçülebilir kayıpların meydana gelmediği belirlenmiştir (<sup>8</sup>, Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

Sukraloz, sakaroz gibi vücutta metabolize olmadığı için enerji vermez. Vücut tarafından şeker veya karbonhidrat olarak da algılanmadığı için kan şekeri ve insülin düzeyini etkilemez. Bu özelliği nedeni ile diyabetik gıdalarda da kullanılabilir (10, Küçüköner ve Kılınççeker 2002). Sukraloz için günlük tüketilebilir miktar dünyaca bilinen resmi kurumlar tarafından Amerika'da 5, Avrupa Birliği ülkeleri, Avustralya'da ise 15 mg/kg vücut ağırlığı/gün olarak belirlenmiştir. Yapılan akut ve kronik toksisite

<sup>9</sup> [http://www.splendaprofessional.com/docs/Sucralose\\_Scientific\\_Safety\\_Review.pdf](http://www.splendaprofessional.com/docs/Sucralose_Scientific_Safety_Review.pdf)

<sup>10</sup> [www.fda.gov/fdac/features/2006/406.sweeteners.html](http://www.fda.gov/fdac/features/2006/406.sweeteners.html)

testleri sonucunda günlük tüketilebilir miktar aşılrsa bile insan sağlığı üzerine olumsuz bir etkisi görülmediği belirlenmiştir. Sukralozun güvenilirliği ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda hiçbir toksik ve yan etkisinin olmadığı, karbonhidrat metabolizması göstermediği, kalori içermediği, uzun veya kısa sürede kan glikoz veya serum insülin seviyesini etkilemediği ve ağızda bakteri gelişimini desteklemediği saptanmıştır.<sup>8</sup>

Sukralozun İlk olarak 1991 yılında Kanada’da, 1998 yılında Amerika’da ve 2003 yılında da Avrupa Birliği ülkelerinde kullanımına izin verilmiştir. 1998 yılında sütlü tatlılar, şekerlemeler, dondurmalar, sakızlar ve alkolsüz içecekler dahil 15 farklı gıda üretiminde kullanılması, 1999 yılından sonrada genel amaçlı olarak kullanılması FDA tarafından onaylanmıştır. Günümüzde Avusturya ve Meksika’yı da kapsayan 80’den fazla ülkede kullanılmaktadır. 20 yılı aşkın süre boyunca insanlar ve hayvanlar üzerinde yapılan 110’un üstündeki çalışmalar, sukralozun insanlarda karsinojenik, reproduktif veya nörolojik risk oluşturmadığını ve tüketiminin güvenli olduğunu ortaya koymuştur (<sup>10, 11</sup>, Anonim 2004, Nabors 2004).

Sukraloz genel amaçlı olarak yiyecek ve içeceklerle birlikte diyetetik gıdalarda kullanılmakta olup, dünya çapında 3500 den fazla ürünün içeriğinde bulunmaktadır.<sup>12</sup> Çizelge 2.7’de Sukralozun kullanımına izin verilen gıdalar ve kullanılabilir maksimum miktarlar görülmektedir.

**Çizelge 2.7.** Sukralozun Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
Sukraloz	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz alkolsüz içecekler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış içecekler	300 mg/L
	Süt ve süt türevleri veya meyve suyu bazlı içecekler	300 mg/L
	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz tatlılar ve benzeri ürünler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış tatlılar	400 mg/kg
	Süt ve süt türevi bazlı karışımlar	400 mg/kg
	Meyve ve sebze bazlı tatlılar	400 mg/kg
	Yumurta bazlı tatlılar	400 mg/kg
	Tahıl bazlı tatlılar	400 mg/kg

<sup>11</sup> [www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549sucralose.html](http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549sucralose.html)

<sup>12</sup> <http://www.ific.org/publications/brochures/sucralosebroch.cfm>

**Çizelge 2.7. (devamı) Sukralozun Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)**

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
Sukraloz	Yağ bazlı tatlılar	400 mg/kg
	<b>Şekerlemeler ve diğerleri</b>	
	Şeker ilavesiz şekerlemeler	1000 mg/kg
	Şeker ilavesiz nefes ferahlatıcı şekerlemeler	2400 mg/kg
	Aromalandırılmış şeker ilavesiz boğaz pastilleri	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış tablet formundaki şekerlemeler	200 mg/kg
	Şeker ilavesiz sakız	3000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz nişasta bazlı şekerlemeler	1000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao veya kuru meyve bazlı şekerlemeler	800 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao, süt, kuru meyve veya yağ bazlı sürülebilir ürünler	400 mg/kg
	Çerezler, yenmeye hazır aromalandırılmış, ambalajlanmış, kuru baharatlı nişastalı ürünler ve kaplanmış sert kabuklu yağlı meyveler	200 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz yenilebilir buzlar ve dondurma	320 mg/kg
	Dondurma ve yenilebilir buzlar için kullanılan şeker ilavesiz külah ve gofretler	800 mg/kg
	Soslar	450 mg/kg
	Hardal	140 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış çorbalar	45 mg/kg
	Balıklar, marine edilmiş balıklar, kabuklular ve yumuşakçaların tatlı-ekşi korunmuş veya yarı korunmuş olanları	120 mg/kg
	Tatlı-ekşi korunmuş meyve ve sebzeler	190 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış reçel, jöle ve marmelatlar, geleneksel reçel, geleneksel marmelat	400 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz meyve konserveleri	400 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış meyve sebze karışımları	400 mg/kg
	En az % 15 lif ve % 20 kepek içeren enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kahvaltılık tahıllar	400 mg/kg
	Özel beslenme amaçlı hafif fırıncılık ürünleri	700 mg/kg
“TGK – Kilo verme amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	320 mg/kg	
“TGK – Özel Tıbbi Amaçlı Diyet Gıdalar Tebliği” kapsamındaki gıdalar	400 mg/kg	

**Çizelge 2.7. (devamı) Sukralozun Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)**

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
Sukraloz	Sıvı formdaki gıda takviyeleri	240 mg/kg
	Katı formdaki gıda takviyeleri	800 mg/kg
	Vitamin ve/veya bazlı şurup şeklinde veya çiğnenebilir formdaki gıda takviyeleri	2400 mg/kg
	Elma ve armut şarabı	50 mg/L
	Enerjisi azaltılmış bira	10 mg/L
	Alkolsüz veya alkol miktarı hacmen %1.2' yi geçmeyen biralar	250 mg/L
	Hafif üst fermentasyon birası dışında orijinal şıra ekstraktı %6 dan az olan Sofra birası	250 mg/L
	Asitliği NaOH cinsinden minimum 30 milieşdeğere eşit olan biralar	250 mg/L
	"oud bruin" tipi kahverengi biralar	250 mg/L
	Alkolsüz içeceklerle bira, elma ve armut şarapları, distile alkollü içkiler veya şarap karışımından oluşan içecekler	250 mg/L
	Hacmen %15'den az alkol içeren distile alkollü içecekler	250 mg/L

### 2.1.6. Taumatin

Taumatin, "katemfe" denilen bir Batı Afrika bitkisi olan *Thaumatococcus danielli*'nin meyvesinden elde edilen ve tatlılık özelliği 207 amino asit içeren bir proteinden kaynaklanan bir maddedir. Seyreltik sakaroz çözeltisine kıyasla 3500 kez daha tatlı olan taumatinin oluşturduğu tatlılık etkisi yavaş gelişmekte ve kalıcı olup, tadım sonrası ağızda meyanköküne benzer bir tat bırakmaktadır.

Taumatin, stabilitesini geniş bir pH aralığında korur. Sıcaklığa karşı stabil olmaması nedeni ile yüksek sıcaklıkta ısıtılacak ürünlerde kullanımı uygun değildir. Sudaki çözünürlüğü de oldukça yüksek olup >1000g/L'lik çözeltisinin bile hazırlanması mümkündür.

Taumatin eldesinde *Thaumatococcus danielli* bitkisi su ile ekstrakte edildikten sonra santrifüj ve ultrafiltrasyonla ayrılmakta, iyon değiştirici kolon ile saflaştırma yapılmaktadır. Bu maddenin bitkinin yetiştiği ülkelerde üretimi zor olduğu için genetik olarak üretilmiş mikroorganizmalarla eldesi konusunda da çalışmalar gerçekleştirilmektedir. İngiltere'deki ticari ismi "talin" olan bitkinin meyveleri, Batı Afrikalılar tarafından yıllardır tatlandırıcı kaynağı olarak kullanmışlardır. Bu madde tat

profili, stabilitesi ve uygunluğu nedeniyle genelde lezzet arttırıcı olarak da kullanılmaktadır.

Sakarov ile sinerjist etki oluşturan taumatin dűřuk miktarlarda kullanıldığında sakarinin ağızda bıraktığı tadı maskelemektedir. Asesulfam K ve steviosit ile de sinerjist etki yaptığı gözlenmiştir. Dűřuk kalori değeri ve diř çürümelerine neden olmaması gibi özellikleri bu tatlandırıcının daha çok içeceklerle ve şekerlemelere katılmasını sağlarken, meyankökü tadı ve tat oluşumunun geç olması bazı gıdalarda kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle de pratikte daha hızlı bir şekilde tatlılık oluşturan tatlandırıcılarla birlikte kullanılabilir. Tuamatinin nane, tarçın, keklik üzümü lezzetlerini 10 kez arttırdığı belirlenmiştir. Hem tatlılığı hem de bu özelliği nedeni ile diř macunlarına, ağız çalkalayıcılarına ve cikletlere katıldığı gibi, ilaçlarda da istenmeyen tadı maskelemek amacıyla kullanılmaktadır (Altuđ ve Elmacı 2001).

Taumatinin yiyecek ve içeceklerde tatlandırıcı olarak kullanılmasına İsrail, Japonya ve Avrupa Birliği ülkelerinde izin verilmekte olup, Amerika'da içeceklerde, reçel ve jelelerde, süt ürünlerinde, instant kahve ve çaylarda ve cikletlerde aroma arttırıcı olarak kullanılmasına izin verilmektedir.<sup>13</sup> şekil 2.8'de taumatin'in kullanımına izin verilen gıdalar ve kullanılabilir maksimum miktarları verilmiştir.

**Çizelge 2.8.** Taumatin'in Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
Taumatin	<b>şekerlemeler ve diğerleri</b>	
	şeker ilavesiz şekerlemeler	1000 mg/kg
	şeker ilavesiz sakız	3000 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao veya kuru meyve bazlı şekerlemeler	800 mg/kg
	Vitamin ve/veya bazlı şurup şeklinde veya çiğnenebilir formdaki gıda takviyeleri	2400 mg/kg

<sup>13</sup> <http://www.caloriecontrol.org/prospective.html>



### 2.1.7. Neohesperidin Dihidrokalon (NHDC)

NHDC, düşük kaloriye ve yüksek yoğunluğa sahip bir tatlandırıcıdır. NHDC' nin çok düşük konsantrasyonları bile aromayı değiştirmekte ve arttırmaktadır. Özellikle portakal, greylort, limon gibi turunçgil meyvelerinde yaygın olarak bulunan, 2, 3, 4, 5, - tetrahidroksi - 4 - metoksi dihidrokalon - 4 -  $\beta$  - neohesperidesit ( $C_{28}H_{36}O_{15}$  molekül ağırlığı 612.6) yapısında bir flavanoid olup, tatlı hidrokalonlar içerisinde tatlılık özelliği en fazla olandır. 1950'li yılların sonuna doğru portakalların kabuğunda acı bir flavanon olan hesperidin alkol hidrojenizasyonu ile tatlı bir maddeye dönüşebileceği saptanmış, günümüzde ise bu üretim metoduna alternatif olan bir sentezleme yöntemi geliştirilmiştir. Günümüzde, acı ve ekşi portakal kabuklarından neohesperidin; greylort kabuklarından ise narincin ekstraksiyon ile elde edilir, daha sonra narincin neohesperidine dönüştürülür ve neohesperidin alkol hidrojenizasyonu ile NHDC elde edilir. NHDC üretimi, acı portakal ve greylort üretiminin sınırlı olması ve bol miktarda üretilen tatlı portakaldaki hesperidin neohesperidine çevirmek konusunda yeterli bilgiye sahip olunmaması nedeniyle günümüzde oldukça azalmıştır.

Erime noktası 152-154  $^{\circ}C$ , sudaki çözünürlüğü 20g/L olan NHDC, yüksek sıcaklığa ve asidik şartlara dayanıklıdır (<sup>14</sup>, Altuğ ve Elmacı 2001). Süre-tatlık şiddeti çalışmaları, NHDC' nin tat profilinin sakaroz benzemediğini ve tadın gecikerek ortaya çıktığını ve tadım sonrası izlenimde ağızda mentol benzeri tatlılık bıraktığını ortaya koymuştur. %0.0045'lik sulu çözeltisi ile %5'lik sakaroz çözeltisi aynı tatlık derecesine sahiptir (Kroeze 2000). Kullanıldığı gıdaya bağlı olarak NHDC' nin tek başına kullanılmasının, aspartam ve asesulfam K karışımından 7-20 kez daha fazla tatlılık etkisi oluşturduğu belirlenmiştir. Ancak mentol benzeri tat sonrası izlenim bazı gıdalarda kullanımını kısıtlamıştır.

Alkolsüz içeceklerde NHDC' nin sakarinle karışımı sinerjistik bir etki ve özgün bir tat profili oluştururken, aspartam ve asesulfam K ile de aynı sinerjistik etki oluşabilmektedir. NHDC' nin kremtartar, hacim verici bir karbonhidrat ve vanilya lezzeti gibi diğer katkı maddeleri ile karıştırılması sonucunda tatlılık etkisinin gecikmesi ve istenilmeyen tat sonrası izlenim gibi olumsuz özellikleri azaltılabilmekte, glukonat, aminoasit veya nükleotid ilavesi ile de tatlılık özelliği geliştirilebilmektedir. NHDC' nin tatlılık özelliğinin yanı sıra acılığı azaltma özelliği de vardır. Özellikle, limon gibi

<sup>14</sup> <http://www.agri.gov.il/Units/Kidum/eyal.html>

turunçgillerde bulunan acı tadı maskeleyen yeteneğine sahip olan NHDC, acı tat içeren ilaçlar ve greyluft suyu üretiminde de kullanıma uygundur.

NHDC katı halde stabil olup, pH'sı 1-7 olan sıvı çözeltilerde 20 °C de 1 yıl bozulmadan depolanabilmektedir. Optimal şartlarda ise 5 yıldan daha uzun süre raf ömrüne sahiptir. Sıcaklığa dayanıklı olduğundan pastörizasyon ve UHT işlemi gerektiren gıdalarda da kullanımı uygundur. Japonya'da tüketiciler tarafından oldukça fazla tercih edilen bu tatlandırıcı, kültür edilmiş süt ürünlerinde tatlılık verme, yüksek miktarda tuz içeren geleneksel Japon yemeklerinde ise tuzlu tadı arttırmak amacıyla kullanıldığı gibi lezzet vermek amacıyla tütüne de katılabilmektedir. (Coiffard ve ark. 1998, Altuğ ve Elmacı 2001, Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

Avrupa Birliğinde NHDC'nin enerjisi azaltılmış ve/veya şekerli yiyecek ve içeceklerde tatlandırıcı olarak kullanılmasına 1994 yılında izin verilmiştir. Amerika'da NHDC'nin aroma artırıcı olarak kullanılmasına onay verilmesine rağmen tatlandırıcı olarak kullanımına izin verilmemiştir. JECFA henüz bu tatlandırıcı için ADI değeri belirlememiştir (Anonim 2004). Çizelge 2.9' da NHDC'nin kullanımına izin verilen gıdalar ve kullanılabilir maksimum miktarlar görülmektedir.

**Çizelge 2.9.** NHDC'nin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
NHDC	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz alkolsüz içecekler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış içecekler	30 mg/L
	Süt ve süt türevleri veya meyve suyu bazlı içecekler	50 mg/L - 30 mg/L
	<b>Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz tatlılar ve benzeri ürünler</b>	
	Su bazlı aromalandırılmış tatlılar	50 mg/kg
	Süt ve süt türevi bazlı karışımlar	50 mg/kg
	Meyve ve sebze bazlı tatlılar	50 mg/kg
	Yumurta bazlı tatlılar	50 mg/kg
	Tahıl bazlı tatlılar	50 mg/kg
	Yağ bazlı tatlılar	50 mg/kg
	<b>Şekerlemeler ve diğerleri</b>	
	Şeker ilavesiz şekerlemeler	100 mg/kg
	Şeker ilavesiz nefes ferahlatıcı şekerlemeler	400 mg/kg
	Şeker ilavesiz sakız	400 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz nişasta bazlı şekerlemeler	150 mg/kg

**Çizelge 2.9. (devamı) NHDC'nin Kullanımına İzin Verilen Gıdalar ve Kullanılabilir Maksimum Miktarlar (Anonim 2006 a)**

EC KODU VE ADI	GIDA MADDESİ	MAKSİMUM MİKTAR
NHDC	Hardal	50 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış çorbalar	50 mg/kg
	Balıklar, marine edilmiş balıklar, kabuklular ve yumuşakçaların tatlı-ekşi korunmuş veya yarı korunmuş olanları	30 mg/kg
	Tatlı-ekşi korunmuş meyve ve sebzeler	100 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış reçel, jöle ve marmelatlar, geleneksel reçel, geleneksel marmelat	50 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz meyve konserveleri	50 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış meyve sebze karışımları	50 mg/kg
	En az % 15 lif ve % 20 kepek içeren enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kahvaltılık tahıllar	50 mg/kg
	Özel beslenme amaçlı hafif fırıncılık ürünleri	150 mg/kg
	"TGK – Kilo verme amaçlı Enerjisi Kısıtlanmış Gıdalar Tebliği" kapsamındaki gıdalar	100 mg/kg
	"TGK – Özel Tıbbi Amaçlı Diyet Gıdalar Tebliği" kapsamındaki gıdalar	100 mg/kg
	Sıvı formdaki gıda takviyeleri	50 mg/kg
	Katı formdaki gıda takviyeleri	100 mg/kg
	Vitamin ve/veya bazı şurup şeklinde veya çiğnenebilir formdaki gıda takviyeleri	400 mg/kg
	Elma ve armut şarabı	20 mg/L
	Enerjisi azaltılmış bira	10 mg/L
	Alkolsüz veya alkol miktarı hacmen %1.2' yi geçmeyen biralar	10 mg/L
	Hafif üst fermentasyon birası dışında orijinal şıra ekstraktı %6 dan az olan Sofra birası	10 mg/L
	Asitliği NaOH cinsinden minimum 30 milieşdeğere eşit olan biralar	10 mg/L
	"oud bruin" tipi kahverengi biralar	10 mg/L
	Alkolsüz içeceklerle bira, elma ve armut şarapları, distile alkollü içkiler veya şarap karışımından oluşan içecekler	30 mg/L
	Hacmen %15'den az alkol içeren distile alkollü içecekler	30 mg/L
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz yenilebilir buzlar ve dondurma	50 mg/ kg
	Dondurma ve yenilebilir buzlar için kullanılan şeker ilavesiz külâh ve gofretler	50 mg/ kg
	Soslar	50 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao veya kuru meyve bazı şekerlemeler	100 mg/kg
	Enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz kakao, süt, kuru meyve veya yağ bazı sürülebilir ürünler	50 mg/ kg
	Çerezler, yenmeye hazır aromalandırılmış, ambalajlanmış, kuru baharatlı nişastalı ürünler ve kaplanmış sert kabuklu yağlı meyveler	50 mg/ kg

### 2.1.8. Alitam

Alitam, Pfizer Inc. firması tarafından geliştirilen ve (L- $\alpha$ -aspartil-N-(2,2,4,4-tetrametil-3-tietanil)-D-alanin), (C<sub>14</sub>H<sub>24</sub>O<sub>4</sub>N<sub>3</sub>S.21/2H<sub>2</sub>O) yapısında bir madde olup, yoğun tatlandırıcı etkisi olan ve L-aspartik asit ile D-alaninden oluşan bir dipeptid türevidir. Alitam, çok basamaklı, (S)-[2,5-dioxo-(4-thiazolidine)] asetik asit ve (R)-2-amino-N-(2,2,4,4-tetramethyl-3-thietanyl) propanamid arasındaki reaksiyonu da kapsayan bir sentezle oluşur. Son ürün alitam-4-methylbenzenesulfonik asit bileşiminden kristalizasyon ile ayrılır ve saflaştırılır. Bu işlemde sonra tekrar saflaştırma işlemi gerçekleştirilir ve su rekrystalizasyon ile ayrılır ve son ürün olarak alitam elde edilir.<sup>15</sup>

Erime noktası 100 °C, oda sıcaklığında ve pH 5 de suda çözünürlüğü 130g/L olup, daha yüksek ve düşük pH da ve daha yüksek sıcaklıkta çözünürlüğü artmaktadır.

Kendisi gibi bir dipeptid yapısında olan aspartama kıyasla her pH da ve özellikle nötr ortamda daha stabildir. Tatlandırıcı etkisi seyreltik sakaroz çözeltisinin 2000 katı olup, duyuusal özellikleri aspartama benzemektedir. Yüksek sıcaklıklarda stabil olduğu için fırınlanmış ürünlerde de kullanıma uygundur. Diş çürüğü oluşturmeyen alitamın, asesulfam K, sakarin ve siklamat gibi tatlandırıcılarla birlikte kullanıldığında sinerjistik etki oluşturduğu belirlenmiştir. Uzun süre depolanması sonucunda alitam katılmış bazı alkolsüz içeceklerde istenilmeyen bir tat oluştuğu saptanmıştır (Altuğ ve Elmacı 2001).

Alitam pH 6-8 aralığında ve oda sıcaklığında 1 yıl boyunca stabil kalabilir. Buna karşın asidik şartlarda tadında bozulma meydana gelebilir. Yüksek sıcaklıklarda tutulsa bile stabilitesini korur. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması şekerleme üretiminde, fırınlanmış ürünlerde ve yüksek sıcaklıklarda pastörize edilen ürünlerde kullanımına olanak sağlar. Alitamın konsantre çözeltilerinin stabilitesinin ve çözünürlüğünün yüksek olması nedeni ile üretimde esneklik sağlar. Alitam beyaz, kokusuz, nem çekmeyen, toz yapıda olup, üretim aşamasında ürüne kolay nüfuz ediyor olması değerini arttırmaktadır

Alitamı oluşturan bileşenlerden aspartik asit normal olarak vücutta metabolize olurken, alanin amid vücuttan çok az değişikliğe uğrayarak geçer. Alitam, FDA tarafından diğer protein bazlı tatlandırıcılar gibi enerji veren tatlandırıcılar sınıfına

---

<sup>15</sup> <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je02.htm#1.0>

alınsa da, fenil amidin minimal düzeyde metabolize olması sonucu diyete kattığı enerji sadece 1.4 Kcal/g dır.<sup>16,17</sup>

JECFA alitamın karsinojenik olduğuna dair herhangi bir kanıt olmadığı kararına varmış ve denek olarak kullanılan köpekler üzerinde 18 ay süren çalışmalar sonucunda ADI değeri 0-1 mg/kg olarak kabul edilmiştir.

Alitamın birçok gıdada ve içecekte kullanılmasına Avustralya, Şili, Kolombiya, Endonezya, Yeni Zelanda, Meksika ve Çin’de izin verilmektedir. Bunun dışında birçok ülkede üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Alitam da diğer tatlandırıcıların kullanıldığı hemen hemen her alanda kullanılabilir. Bunların başında; toz içecekler, süt ürünleri, soğuk ve sıcak içecekler, sakız ve şekerlemeler, diş macunları gelmektedir (Küçüköner ve Kılınççeker 2002).

### 2.1.9. Steviosit

Paraguay ve Brezilya’da yetişen ve acı içecekleri tatlandırmak amacıyla *Stevia rebaudiana Bertoni* adlı bitkinin yapraklarından izole edilen bir glikozittir. Yapraklarının asırlardan beri gıda ve içecekleri tatlandırmak amacıyla kullanıldığı ifade edilen bu bitki Japonya, Kore, Tayvan ve Çin’de de yetiştirilmeye başlanmıştır. Steviosit, aglikon steviol, ent-1,3-hidroksikaur-16-en-19oik asit ve 2’si disakkarit olan soforoza bağlı 3 glikoz molekülü içeren bir glikozittir. Bu nedenle de 13-o-β-soforozilsteviol-18-o-β-glikozil ester (C<sub>38</sub>H<sub>60</sub>O<sub>18</sub>) olarak adlandırılmaktadır. *Stevia rebaudiana* yaprakları steviol dışında içlerinde en önemlisi rebaudiosit A olan diğer tatlı glikozidler de içermektedir. Stevia, yapraklarında bulunan diğer rebaudiositler, dulkozit ve stviolbiozittir. Kuru stevia yaprakları % 2–22 steviosit, %1.5–10 düzeyinde de rebaudiosit içermektedir. Steviositin erime noktası 196-198<sup>0</sup>C olup sudaki çözünürlüğü 1.2-1.3 g/L’dir. Steviosit, stevia yapraklarından su veya su-etanol karışımı ile ekstrakte edilmektedir. Ham ekstrakt kalsiyum veya magnezyum hidroksitler veya karbonatlarla saflaştırılmakta, iyon değiştirici ile ileri düzeyde bir saflaştırma daha yapıldıktan sonra steviosit etanol ile çöktürülmektedir. Üretimine bağlı olarak steviosit ürünleri diğer tatlı glikozitleri de içerebilmektedir. Gıda üretiminde depolamaya dayanıklı olup, özellikle alkolsüz içeceklerde kullanımı uygundur. Ancak yüksek sıcaklıklarda pH düşmesi

<sup>16</sup> [http://www.foodproductdesign.com/articles/465/465\\_0399de.html#](http://www.foodproductdesign.com/articles/465/465_0399de.html#)

<sup>17</sup> <http://www.innvista.com/health/nutrition/diet/salitime.htm>

nedeni ile stabilitesi azalmaktadır. Seyreltik sakaroz çözeltilerine kıyasla steviosit 160-170 kez tatlı olup, meyankökü benzeri bir tat sonrası izlenim vermektedir. Kola tipi içeceklerde tek başına kullanıldığında istenmeyen meyankökü lezzeti belirginleşmektedir. Gıdalarda düşük miktarlarda kullanıldığında hoş bir lezzet oluşturduğu, yüksek miktarlarda ise acı bir tat verdiği ifade edilmektedir. Japonya’da kalorisi %50 oranında düşürülmüş alkolsüz içeceklerde fruktoz ile birlikte kullanılmaktadır. Glisrhizin ile karışımı halinde veya aspartam, asesulfam K ve siklamatlarla birlikte kullanıldığında sinerjistik etki oluşturduğu saptanmış ancak sakarin ile birlikte kullanıldığında aynı etkinin oluşmadığı saptanmıştır (Altuğ ve Elmacı 2001).

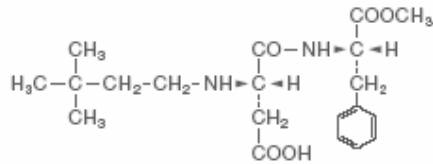
Steviosit genel olarak alkolsüz içecekler, ciklet, sofralık tatlandırıcı, balık sosları, şuruplar ve farmakolojik ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır.

JECFA 2004 yılında, steviosit için ADI değerini geçici olarak 2mg/kg vücut ağırlığı/gün olarak belirlemiş ve yapılacak çalışmaların 2007 yılına kadar süreceğini belirtmiştir.

Bugün Japonya, Paraguay ve Brezilya’yı da kapsayan 10 ülkede Steviositin tatlandırıcı olarak kullanımına izin verilmiştir. Amerikada ise katkı maddesi veya tatlandırıcı olarak değil, sadece diyet destekleyici olarak satılmaktadır.<sup>18</sup>

#### 2.1.10. Neotam

Neotam (N-[N-(3,3-dimethylbutyl)-L-aspartyl]-L-phenylalanine - 1-methyl ester), aminoasitler, aspartik asit ve fenilalaninden oluşan bir dipeptittir. Yapısal ve kimyasal olarak aspartama benzemektedir (Şekil 2.10)<sup>19</sup>.



Şekil 2.10. Neotamın Molekül Formülü

Tatlılık derecesi aspartamdan 30–60 kat daha fazla iken, sakarozdan 7000-13000 kez daha tatlıdır. Tatlandırıcı olarak kullanımının yanı sıra aromayı artırıcı (özellikle

<sup>18</sup> <http://www.caloriecontrol.org/stevioside.html>

<sup>19</sup> <http://www.neotame.com/faq.asp>

nane aroması) etkisi de vardır. Neotam üzerinde diğere tatlandırıcılarda olduğu gibi birçok kapsamlı çalışma yürütölmüştür (Nabors 2004).

Neotam, daha çok kuru şartlarda stabildir. 15-30<sup>0</sup>C sıcaklık ve %35-60 oranında bağıl nem bulunan bir ortamda depolandığında 5 yıldan daha fazla stabilitesini korur.<sup>19</sup> Neotam, ciklet, gazlı içecekler, sofralık tatlandırıcılar, dondurulmuş tatlılar, pudingler, dolgu maddeleri, yoğurt tipi ürünler, fırınlanmış ürünler ve şekerlemeleri içeren yiyecek ve içeceklerin üretiminde kullanabilmektedir.

Neotam, vücutta hızla ve tamamen metabolize olmakta ve vücuttan normal biyolojik yolla atılmaktadır.<sup>20</sup> Neotam, diabet hastalarında glikoz ve insülin konsantrasyonunu etkilememektedir. Bu nedenle bu kişiler neotamı yiyeceklerine güvenle katabilirler. Fenilketonürlü hastalar için neotam içeren ürünlerin etiketlenmesine de gerek yoktur.<sup>19</sup>

FDA neotamın kullanımını onaylamadan önce 100'ün üzerinde bilimsel çalışmayı tekrar incelemiş ve Temmuz 2002'de genel amaçlı kullanımına izin vermiştir.<sup>20</sup> JECFA 2003 yılında neotamı yeniden gözden geçirmiş ve ADI değerini 2 mg/kg vücut ağırlığı/gün olarak belirlemiştir (Nabors 2004).

---

<sup>20</sup> [www.caloricontrol.org](http://www.caloricontrol.org)

### 3. TATLANDIRICILARIN GIDALARDA KULLANIM ALANLARI

Gıdalarda kullanımına izin verilen tatlandırıcılar ile ilgili gerekli düzenlemeler 10 Eylül 1994 tarihinde AB resmi gazetesinde yayımlanan ve 1996 yılında 96/83/EC numaralı direktif ile son halini alan 94/35/EC numaralı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi ile yapılmıştır. Bu direktifin ekinde son tüketiciye satılmasına ve gıdaların üretiminde kullanılmasına izin verilen 19 adet tatlandırıcının listesi yer almaktadır. Bu listede ayrıca tatlandırıcıların izin verilen kullanım alanları ve izin verilen maksimum miktarları da verilmiştir (Yasa 2003).

Ülkemizde ise 94/35/EC sayılı “Gıdalarda Kullanılan Tatlandırıcılar“ Konsey direktifi dikkate alınarak Avrupa Birliği’ne uyum çerçevesinde “Gıdalarda Kullanılan Tatlandırıcılar Tebliği” hazırlanmış ve son olarak yapılan değişikliklerle 21.09.2006 tarihinde 2006/45 tebliği numarasıyla yayımlanmıştır.

Hazırlanan bu tebliğde amaç, gıda maddelerini tatlandırmak amacıyla kullanılan ve tüketiciye doğrudan sunulan tatlandırıcıların, gıda maddelerindeki kullanımını, ambalajlama ve etiketleme ile ilgili özelliklerini belirlemektir (Anonim 2006 a).

Bu tebliğde tatlandırıcıların kullanımı ile ilgili hükümlerden bazıları şu şekildedir (Anonim 2006 a);

- Enerjisi azaltılmış gıda üretiminde diğ çürümelerine neden olmayan gıda maddeleri veya şeker ilavesiz gıdalarda, raf ömrünü uzatmak amacıyla ve diyet ürünlerin üretiminde şeker yerine tatlandırıcı kullanılır.
- Gıda maddelerinin üretiminde kullanılacak veya tüketiciye direkt sunulacak tatlandırıcılar, sadece bu tebliğ ekinde yer alan tatlandırıcılar olmalıdır.
- Gıdaların üretiminde kullanılacak olan tatlandırıcılar sadece bu tebliğ eklerinde belirtilen koşullar altında kullanılabilir.
- Aksine bir hüküm belirtilmedikçe, sağlık sorunu olan bebek ve küçük çocuk gıdaları da dahil olmak üzere Türk Gıda Kodeksi-Özel Beslenme Amaçlı Gıdalar Tebliğinde yer alan bebek ve küçük çocuk gıdalarında tatlandırıcı madde kullanılamaz.

Tatlandırıcılarla ilgili SCF’nin görüşleri alınarak, 89/107/EC sayılı direktif uyarınca 28 Temmuz 1995 tarihinde gıdalarda kullanımına izin verilen tatlandırıcıların saflık kriterleri ile ilgili 95/31/EC numaralı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi AB resmi gazetesinde yayımlanmıştır. Bu direktif; 1998, 2000 ve 2001 yıllarında



yapılan değişiklikler ile son halini almıştır. Söz konusu direktifte belli başlıklar altında tatlandırıcıların fiziksel, kimyasal ve saflık özellikleri verilmiştir (Yasa 2003).

Ülkemizde ise 95/31/EC sayılı “Gıda Maddelerinde Kullanılan Tatlandırıcıların Saflık Kriterleri” hakkındaki Komisyon Direktifi dikkate alınarak; Avrupa Birliği’ne uyum çerçevesinde Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Kullanılan Tatlandırıcıların Saflık Kriterleri Tebliği hazırlanmış ve 2001/40 tebliği numarası ile 4 Aralık 2001 tarihinde yayımlanmıştır (Anonim 2001).

Tatlandırıcılar birçok gıda ve içecek üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tatlandırıcıların kullanıldığı ürün grupları; alkolsüz içecekler, meyve suları, tatlılar, dondurmalar, reçel ve marmelatlar, şekerleme ve cikletler, unlu mamüller ve süt ürünleri olarak sıralanabilmektedir. Son yıllarda ağız gargaraları ve diş macunlarında da tatlandırıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Düşük kalorili veya diyetetik ürün çalışmalarında şekerle tatlandırılmış ürünün hedef veya referans olarak kullanılmaması önerilmektedir. Tatlandırıcı kullanılarak hazırlanan taklit ürün yerine kabul edilebilir ürün özelliği aranmalıdır. Bu tip ürünlerde üzerinde durulması gereken konu, tatlandırıcıların sakaroz yerine kullanılmasıyla aynı ürünün elde edilemeyeceği, ancak yeni bir formülasyonla farklı bir ürün geliştirilebileceğidir.

Tatlandırıcı kullanılan ürünlerde sakarozun verdiği lezzetle tatlandırıcının verdiği lezzet birbirine benzemekte, tat her iki sistemde de farklı olmakta, hoşça giden bazı lezzet özellikleri yok olurken, istenmeyen bazı lezzet özellikleri ortaya çıkabilmektedir. İstenmeyen bazı lezzet özelliklerini maskeleyerek ve kullanılan tatlandırıcı nedeni ile oluşan istenmeyen tat sonrası izlenimi ortadan kaldırmak amacıyla farklı lezzet maddelerinin kullanımının uygun olacağı belirtilmektedir.

Lezzet uyarısında etkili olan diğer bir faktörün ise tatlılık-ekşilik dengesi olduğu, tatlandırıcı kullanımı ile bu dengenin bozulduğu gözlenmektedir. Uygun asitliğin belirlenmesinde pH ölçümünün sonuç vermediği, bu durumda duyuusal değerlendirme uygulanarak sonuca gidilmesinin yararlı olacağı belirtilmektedir.

Düşük kalorili gıdalarda, ürün formülasyonunda şeker bulunmaması nedeniyle dokuda problemle karşılaşmaktadır. Şekerin doku üzerindeki etkisinin sağlanması amacıyla uygun bir hidrokolloid sistemin kullanılması gerekmektedir. Örneğin, gazlı

içeceklere karboksimetil selüloz ve pektin gibi gımlar katılarak gıdanın ağızda bıraktığı his düzeltilenmektedir.

Gıdalarda tatlandırıcıların kullanılması ile depolamadaki dayanıklılık da etkilenebilmekte ve ürünün katı madde içeriğı azaldığında mikroorganizma gelişimi hızlanabilmektedir. Bu durumda gıdanın raf ömrünü uzatmak amacıyla sorbat veya benzoat gibi koruyucu maddelerin kullanımı veya pastörizasyon gibi ısı işlem uygulaması önerilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).

### **3.1. Gazlı - Gazsız Alkolsüz İçecekler, Toz İçecek Karışımları ve Meyve Nektarları**

Siklamat ve sakarin yüksek stabiliteleri nedeniyle söz konusu ürün grubunda yaygın olarak kullanılabilmesini sağlarken, aspartamın stabilitesinin yüksek sıcaklık, depolama süresi ve nem gibi parametrelerden etkilenmesi, bu tip gıdalarda kullanılmasında söz konusu faktörlerin göz önünde bulundurulmasını gerektirmektedir. Asesulfam K ise sulu çözeltilerdeki stabilitesi nedeniyle diyabetik ve düşük kalorili içecek üretimi için önerilir. Asesulfam K, ieeeklere toz halde katılabildiğı gibi, stok çözeltileri hazırlanarak da kullanılabilir. Kola, tonik, portakal, limon, elma, greyfurt lezzetli içeceklerde söz konusu madde tadı bozmadığı için tercih edilmektedir. Asesulfam K'nın diğeri tatlandırıcılarla birlikte kullanılması sonucunda oluşan sinerjistik etki nedeniyle daha az miktarda tatlandırıcı kullanılmasına yardımcı olmakta, ayrıca asesulfam K'nın aspartam, siklamat gibi tatlandırıcılarla kullanılmasıyla daha hoş bir lezzet elde edilebilmektedir. Asesulfam K, toz içeceklerde, püskürtülerek kurutma sırasındaki ısısal işleme dayanıklı olması, lezzet maddeleriyle uyum sağlaması ve sudaki çözünürlüğünün yüksek olması nedeniyle pek çok gıda için uygun bir tatlandırıcı olarak önerilmektedir. Diyetetik amaçlı üretilmiş meyve suyu ve yapay içecek tozu formülasyonlarında asesulfam K'nın aspartamla 1:1 kombinasyonunun uygun olduğu belirlenmiştir (Altuğ ve Elmacı 2001).

Alkolsüz içecekler genel olarak % 7-10 oranında sakaroz içerirler. Asesulfam K kullanıldığında yaklaşık 500 ppm asesulfam K bu değere karşılık gelir. Ancak asesulfam K/aspartam veya asesulfam K/siklamat karışımlarının kullanılmasıyla oluşacak sinerjistik etki ile tatlılık %30 oranında artacaktır. Böylece kullanılacak tatlandırıcı miktarı azalacaktır. Yani 160 ppm asesulfam K + 160 ppm aspartam aynı

oranda tatlılık sağlayacaktır. Çizelge 3.1' de %10 sakaroza eş değerde tatlılık sağlayan tatlandırıcı karışımları görülmektedir. Ayrıca asesulfam K'nın çok az miktarlarda fruktoz gibi doğal tatlandırıcılarla birlikte kullanılmasıyla içeceklere istenen tat yoğunluğunun verilmesi de sağlanabilmektedir (Lotz 1991).

**Çizelge 3.1.** Alkolsüz İçeceklerde Kullanılabilir Asesulfam K/Aspartam Karışımları\* (Lotz 1991)

<b>Asesulfam K</b>		<b>Aspartam</b>
160 mg/L	+	160 mg/L
240 mg/L	+	120 mg/L
330 mg/L	+	110 mg/L

\*tatlılık=%10 sakaroz

Meyve nektarlarında, kullanılan meyve suyunun yapısında bulunan karbohidratlardan da tatlılık gelmektedir. Ancak bu tatlılık oranı düşüktür. Bu nedenle tatlılık dengesi 200 ppm asesulfam K veya 80 ppm asesulfam K + 80 ppm aspartam karışımı kullanılarak sağlanabilir.

Toz içecek karışımı üretiminde aspartamın kullanılmasının avantajları arasında; düşük konsantrasyonlarda gelişmiş bir tatlılık sağlaması, düşük kalorili olması, meyve aromasını desteklemesi, sakaroz içeren formülasyonlarla karşılaştırıldığında sakaroza benzer tatlılık ve kabul edilebilirlik göstermesi, yüksek sıcaklıklarda stabilitesini koruması sayılabilir.

Aspartam, toz içecek karışımı üretiminde %0,05 – 8,0 oranında toz formda kullanılır. Üretim için bazı formüller Çizelge 3.2' de verilmiştir. Aspartamın homojen olarak dağılması için diğer kuru bileşenlerle önceden karıştırılması gerekmektedir. Bu amaçla yapılacak üretimde öncelikle tüm bileşenler ayrı ayrı tartılır. Ana bileşenlerin yarısı ribbon blender'da karıştırılır. (Ice-tea üretimi için V-blender tercih edilmelidir). Diğer bileşenler sırasıyla ilave edildikten sonra geriye kalan ana bileşenler de ilave edilir ve 12 dk. sürece karıştırılır. Karışım daha sonra çok katlı ambalajlara doldurulur.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> <http://www.fao.org/docrep/V5030E/V5030E0G.HTM#6.4%20Food%20acids>

**Çizelge 3.2. Toz İçecek Karışımı Üretimi İçin Bazı Formülasyonlar<sup>21</sup>**

<b>Şekersiz Ice-tea Karışımı Üretimi</b>	
Çay tozu	%55.68
Sitrik asit	%27.83
Maltodekstrin	%9.28
Aspartam	%6.03
Aroma ve renklendiriciler	%1.18

<b>Şekersiz Limonata Karışımı Üretimi</b>	
Sitrik asit	%65.39
Maltodekstrin	%12.00
Aroma ve renklendiriciler	%7.61
Aspartam	%5.21
Potasyum sitrat	%4.42
Trikalsiyum fosfat	%4.41
Bulanıklık verici	%0.63
Vitamin C	%0.33

<b>Şekersiz Sıcak Kakao Karışımı</b>	
Peyniraltı suyu tozu	%37.70
Yağsız süt tozu	%21.51
Kakao tozu	%14.04
Maltrin	%13.93
Yağsız krema	%9.83
Tuz	%1.99
Disodyum fosfat	%0.50
Aspartam	%0.50

Özellikle gazlı içecek, meyve suyu ve nektarı üretiminde asesulfam K veya diğer tatlandırıcıların tek başlarına ya da karışımlarının kullanılmasının, ürünün bileşenleri üzerine bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Ancak birçok üründe karbonhidratlar yalnızca tatlı tadı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hacim verici olarak tekstürü, su aktivitesini azaltarak ürünü koruma özelliğine sahiptirler. Bu nedenlerden dolayı tatlandırıcılar gerekli fonksiyonları sağlayacak diğer bileşenlerle (polioller: sorbitol, mannitol, ksilitol gibi) kombine edilerek de kullanılırlar.<sup>21</sup>

Şekersiz veya light olarak üretilen ürünlerde şeker ikamesi yaygın şekilde tatlandırıcılarla yapılmaktadır. Örneğin diyet kola gibi gazlı içeceklerde şeker yerine aspartam/asesulfam K kombinasyonu kullanılmaktadır. Sakarin/siklamat kombinasyonu tatlandırıcılar, düşük maliyetlerine karşın tat profilinin istenen düzeyde olmaması nedeni ile üreticiler tarafından tercih edilmemektedir. Bu tarz ürünlerde dikkat edilmesi gereken konu şeker kullanılmadığı için ürün viskozitesinde değişiklik olabileceği ve özellikle asidik ortamlarda zaman içinde aspartamın bir miktarının parçalanacağıdır. Asesulfam K'nın yoğun miktarda kullanılması ise tat problemlerine neden olabilir. Günümüzde asesulfam K/aspartam ve NHDC'nin bir arada kullanıldığı formüller mevcuttur. Bu sayede hem stabilite probleminin önüne geçilip şekere özdeş bir tat profili elde edilirken, NHDC'nin aroma arttırıcı ve doygunluk verici özelliklerinden de yararlanılmaktadır. Ayrıca en yüksek maliyetli tatlandırıcılar olan aspartam, asesulfam K ve NHDC bile eşdeğer tatlılıktaki şekerle karşılaştırıldığında %50'nin üzerinde maliyet avantajı sağlamaktadır. Aspartam haricindeki tatlandırıcılar, vücutta metabolize olmadıkları için kalori değerleri yoktur. Bu sayede tatlandırıcı kullanarak şekersiz veya light ürün üretmek mümkündür.

Aspartam ve asesulfam K şeker ile birlikte kullanıldığında, şekerli ürüne eşdeğer bir tat profili elde edilirken, hem hammadde hem de diğer maliyetlerde belirgin bir düşme görülmektedir. Sakarin ve siklamat içeren karışımlar kullanılırsa bu maliyet düşmesi daha belirgin hale gelmekte, ancak tat profilinde bazı sapmalar olabilmektedir. Bunlara ilave olarak NHDC'nin diğer tatlandırıcılarla birlikte kullanılması durumunda aroma arttırıcı etkisi nedeniyle daha düşük aroma tüketimi söz konusu olacağından aroma maliyetinde de bir düşme elde edilecektir (Özavar 1999).

Cloninger ve Baldwin (1974) sıralama testi kullanarak yaptıkları bir çalışmada portakal aromalı içeceklerde sakaroz ve aspartam arasında kabul edilebilirlik açısından

farklılık olmadığını, ancak aspartamli örneğin daha tatlı ve daha az ekşi bulunduğunu saptamışlardır.

### **3.2. Diyabetik Amaçlı ve Düşük Kalorili Tatlılar**

Bu tip ürünlerde, asesulfam K, aspartam gibi tatlandırıcıların tek başına veya diğer tatlandırıcılarla birlikte kullanılmalarının uygun olduğu belirtilmiştir. Sorbitol gibi şeker alkolleri de söz konusu karışımlara katıldığında hoşça giden lezzet profilleri ve doku elde edilebilmektedir. Tatlılar gibi dondurmada da asesulfam K ve aspartamın tek başlarına veya karışım olarak kullanılmalarının uygun olduğu belirtilmektedir. Dondurmada karışımın erime ve çırpma özelliklerini olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle asesulfam K'nın tek başına kullanılması önerilmemektedir. Kazandibi ve sade dondurmada yapılan çalışmalarda asesulfam K'nın aspartam ile birlikte kullanılması sonucunda sinerjistik etki sağlandığı ve bu etki için en uygun konsantrasyonun 1: 1 olduğu belirlenmiştir (Altuğ ve Elmacı 2001).

Dondurma, şeker ve yağ içermesinden dolayı yüksek kalorili bir süt ürünüdür. Dondurmanın kalori değerinin düşürülmesine yönelik araştırmalar son yıllarda çoğalmıştır. Doğan ve Boroğlu (2000)'nin bildirdiği yağ azaltılmış dondurma formülasyonuna göre;

% 13.80 yağsız kurumadde

% 2.90 süt yağı

% 5.30 polidekstroz

% 5.30 maltodekstrin

% 3.50 sorbitol

% 0.60 mikrokristal selüloz

% 0.10 aspartam

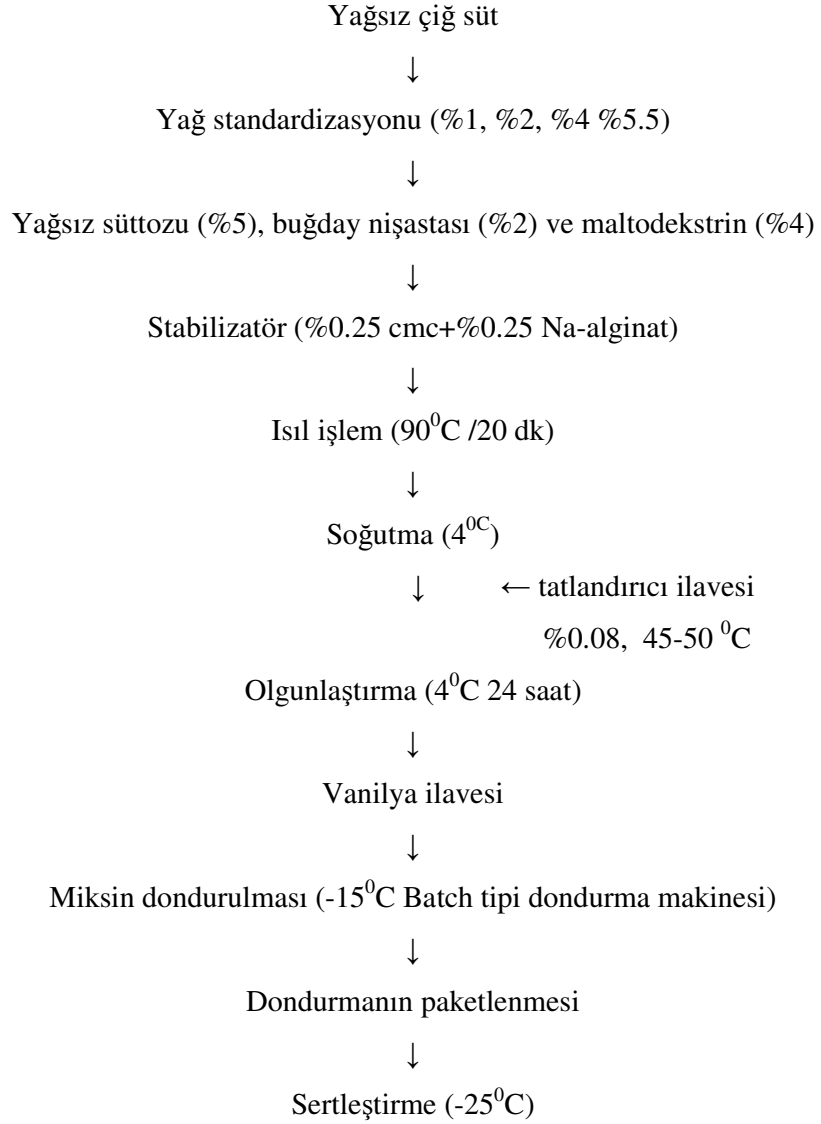
% 0.12 stabilizatör

% 0.20 emülsifiyer kullanılarak üretilen dondurmanın 110 Kcal enerji vereceği belirtilmiştir.

Düşük kalorili dondurma üretimi üzerine yapılan bir araştırmada, şeker ve yağın azaltılması suretiyle düşük kalorili dondurma üretimi gerçekleştirilmiş, sonuç olarak sakaroz içermeyen ve % 1.6 yağlı örneğin duysal ve ürün kalitesi yönünden en iyi sonuçları verdiği saptanmıştır (Doğan ve Boroğlu 2000).

Ülkemizde bulunan büyük dondurma üreticileri light dondurma üretiminde genellikle yağ ve şeker ikamelerinde inülin, oligofruktoz, polidekstroz, izomalt, laktitol, maltodekstrin, süt proteini konsantreleri, pirinç nişastası ve yapay tatlandırıcılar kullanmaktadır. Genellikle önerilen formülasyonlarda % 5.5–8 oligofruktoz, % 5–7 inülin, % 2–4 polidekstroz, % 2–4 izomalt, % 2–4 maltodekstrin, % 0.5–2 pirinç nişastası ve istenilen tatlılığa göre aspartam ve asesülfam-K kullanılabilir (Şahan ve Kaçar 2004).

Şahan ve Kaçar (2004)' in farklı yağ oranları ve tatlandırıcı kombinasyonlarının enerjisi azaltılmış dondurmaların fiziksel ve duysal özelliklerine etkilerini araştıran çalışmaları sonucunda, duysal özelliklerin toplam puanı değerlendirildiğinde dondurmalarda yağ oranının % 5.5 düzeyinde kullanılmasının tüm özellikleri olumlu etkilediği, dondurmalarda kullanılan yapay tatlandırıcıların farklı kombinasyonları açısından değerlendirildiğinde en uygun kombinasyonun % 80 aspartam + % 20 asesülfam-K olduğu ve bunu % 70 aspartam + % 30 asesülfam-K kombinasyonun izlediğini bildirmişlerdir. %60 aspartam + % 40 asesülfam-K ve % 90 aspartam + % 10 asesülfam-K kombinasyonu ile hazırlanan dondurmalarda hafif acı tat hissedildiği ve bu durumun dondurmaların tercih edilmemesine sebep olduğu saptanmıştır. Şekil 3.1'de enerjisi azaltılmış dondurma üretimi akış diyagramı görülmektedir.



**Şekil 3.1.** Enerjisi Azaltılmış Dondurma Üretimi Akış Diyagramı (Şahan ve Kaçar 2004)



### 3.3. Diyetetik Amaçlı Reçel ve Marmelatlar

Bu ürünlerde ısıya dayanıklılıkları nedeniyle asesulfam K tek başına kullanılabildiği gibi aspartamla birlikte oluşan sinerjistik etki de yararlanılabilmektedir. Diyabetik amaçlı üretilen reçel ve marmelatlarda tatlandırıcı olarak asesulfam K kullanıldığında şekerin verdiği hacmi vermek üzere pektin ve benzeri hacim veren maddeler veya sorbitol gibi şeker alkolleri kullanılması gerekmektedir. Bu tip tatlandırıcı kullanılmış reçel ve marmelatlarda maya veya küf gelişimi ile karşılaşılabilineceğinden pastörizasyon uygulaması veya koruyucu olarak %0.05-0.1 oranında potasyum sorbat katılması önerilmektedir. Bu tip gıdalarda sorbitol, maltitol ve laktitol gibi şeker alkollerinin de yoğun bir tatlandırıcıyla birlikte reçelerde ve marmelatlarda kullanılabileceği bildirilmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).

Şekersiz reçel ve marmelatlarda son üründe beklenen konsantrasyon 500-2000mg asesulfam K/kg'dır. Asesulfam K stok çözelti olarak kaynama sonunda katılmalı ve homojen olarak dağıtılmalıdır.<sup>21</sup>

### 3.4. Unlu Mamuller

Neotam fırıncılık ürünlerinde iyi bir stabilite gösterir. Kekler üzerinde yapılan bir çalışmada keklerdeki neotam miktarının pişirme sonrasında %85'inin, 5 gün boyunca oda sıcaklığında saklama sonucunda da %81'inin üründe kaldığı belirlenmiştir.<sup>20</sup>

Asesulfam K kullanımı ısı stabilitesi nedeniyle bu ürünlerde önerilmektedir. Ancak asesulfam K'nın hacim veren bir maddeyle birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla polidekstroz, disakkarit alkol, sorbitol ve izomalt kullanılabilmektedir. Unlu mamullerde, sorbitol ve maltitol gibi polioller tatlandırıcılar tatlılık verme özelliklerinin yanı sıra nem tutucu ve topaklanmayı önleyici olarak da kullanılmaktadır. Laktitol hacim verme amacıyla ve tat sonrası istenmeyen etkisi olmaması nedeniyle unlu mamuller için uygun bir tatlandırıcıdır. Ayrıca bisküvilere gevreklik sağlama amacıyla da katılabilmektedir. İzomaltın ise unlu mamullerde raf ömrüne katkısı olduğu bilinmektedir (Altuğ ve Elmacı 2001).

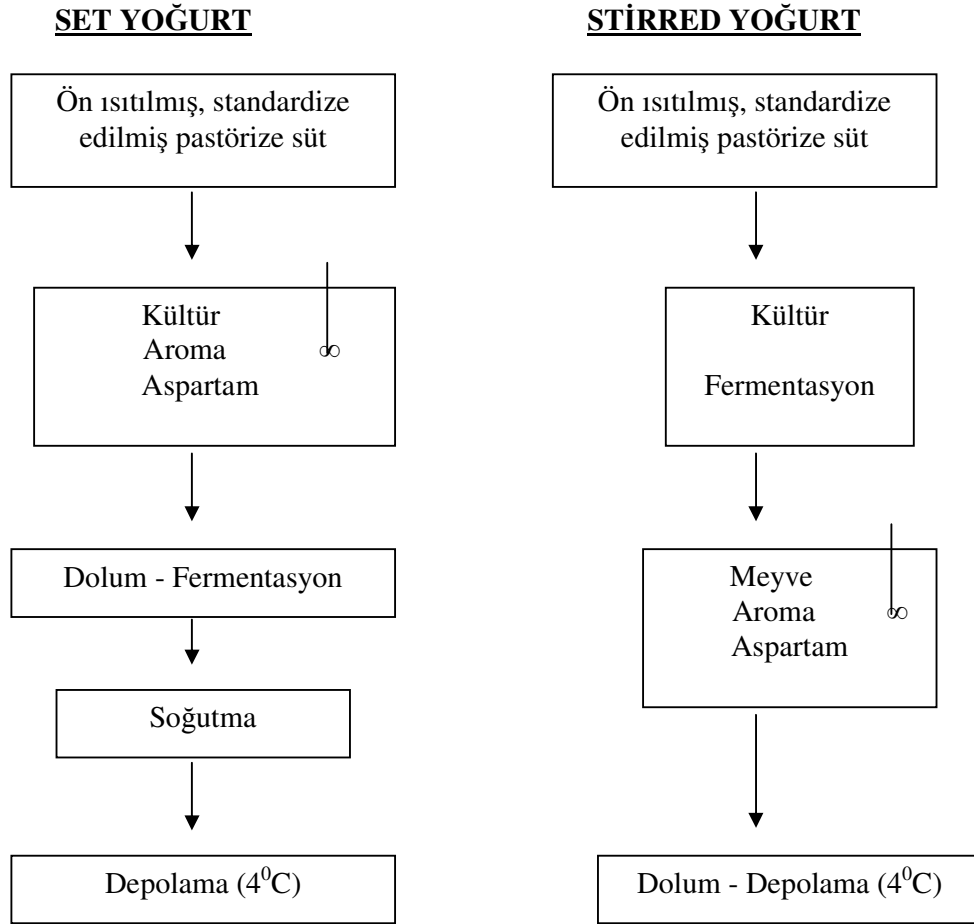
### **3.5. Aromalandırılmış Sütler, Meyveli Yoğurtlar ve Diyetetik Amaçlı Olarak Hazırlanmış Süt Ürünleri**

Bu tip ürünlerde genellikle aspartam ve asesulfam K kullanılması önerilmektedir. Aspartamda bulunan aminoasitlerin süt ürünlerinde de bulunduğu bildirilmiştir. Asesulfam K' nın ısıya dirençli olması söz konusu ürün gruplarında kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. (Altuğ ve Elmacı 2001)

Aromalı sütlerde şeker yerine yaygın olarak aspartam kullanılmaktadır. Aromalı sütlerin pH değeri genelde 7 civarındadır ve aspartam %0.04 – 0.06 düzeyinde kullanılmaktadır. Aspartamın kullanıldığı diğer süt ürünleri meyveli yoğurtlar, buzlu sütler, pudingler, dondurma ve benzeri ürünlerdir. Bu ürünlerde aspartam kullanımı %0.05 – 0.08 düzeyindedir (Artık ve ark. 1992).

FDA aspartamın yoğurt üretiminde kullanılmasına 1988 yılında izin vermiştir. Aspartam yoğurt üretiminde kullanıldığında, her bir porsiyonda %52 oranında kalori düşüşü sağlar. Aspartamın tatlılık gücü genellikle düşük konsantrasyonlarda ve oda sıcaklığında depolandığında daha yüksektir. Aspartam özellikle asitli meyvelerle kullanıldığında, meyve tadını destekler ve algılanma süresini uzatır (Nelson 2000).

Meyveli yoğurtlarda aspartam kullanımında ilave edilecek şekerin bir kısmı ile aspartam yer değiştirerek yoğurt, protein açısından zenginleştirilebilmektedir. Hem stirred hem de sundae tipi meyveli yoğurtlarda aspartam başarılı bir şekilde meyve preparatının içinde yer alabilir (Doğan ve Boroğlu 2000). Set ve stirred yöntemleriyle yapılan meyveli yoğurt üretimi akış diyagramı Şekil 3.2' de görülmektedir. Aspartam çilek ve şeftali gibi meyvelerin aromalarını da desteklemektedir. Ayrıca meyveli yoğurtlarda pH 3.6 – 4 arasında olduğu için stabilitesini korur. Bu tip yoğurtlarda aspartam pastörizasyonun sonuna doğru ilave edilmelidir. Bu mümkün değilse aspartamın dozajını biraz arttırmak gerekir. Meyveli yoğurtlara ilave edilen aspartam miktarı %0.06 – 0,1 düzeyindedir (<sup>6</sup>, Artık ve ark. 1992, Doğan ve Boroğlu 2000) .



**Şekil 3.2.** Set ve Stirred Tip Yoğurt Üretimi Akış Diyagramı (Doğan ve Boroğlu 2000)

Hyvoenen ve Slotte (1983) farklı tatlandırıcıların yoğurt kalitesi üzerine etkisi konusunda yaptıkları çalışmada tatlandırıcıları süte inkübasyondan önce veya fermentasyon sırasında eklemişlerdir. İnkübasyondan sonra katılan sakarin haricindeki tüm tatlandırıcılar yoğurtta hoş bir tat sağlamıştır. Buna karşın sakarin, ksilitol ile karıştırılarak kullanıldığında tadım sonrası oluşan acı tat maskelenebilmiştir. Buna ek olarak sorbitol süte fermentasyondan önce katıldığında starter kültür çoğalmasını engellemiştir ve sorbitol ancak sakaroz ile birlikte kullanıldığında istenen yeterli tadı sağlamıştır. Araştırmacılar hazırladıkları bazı formülasyonların kullanılmasını önermişlerdir. Bu formülasyonlar:

- %8 ksilitol, %7 fruktoz ve %0.07 siklamat veya
- %4 ksilitol ve %0.07 sakarin/ %8 sakaroz şeklindedir.

Yapılan bir çalışmada yoğurttaki mikrobiyel gelişme hakkında aspartamın parçalanması değerlendirilmiş, bunun için *Lactobacillus delbrueckii*, ssp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*' u içeren 3 farklı yoğurt kültürü tek ve karışım olarak kullanılmıştır. Aspartamın parçalanma oranı starter kültürün gelişimi ve aktivitesi ile ilgili olup, tek veya karışım halindeki starter kültürler arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Aspartamın parçalanma oranı metabolik aktivite ile ilgili olup, metabolik aktivite yavaşladığında aspartamın parçalanma oranı da azalır. Sonuçlar yoğurtta bulunan aspartamın buzdolabı koşullarında 6 hafta depolama boyunca stabilitesini koruduğunu, yalnızca %10'unun parçalandığını göstermiştir. Yapılan bir başka çalışmada sundae tipi meyveli yoğurt üretiminde fermentasyon boyunca aspartamın stabilitesi değerlendirilmiş ve farklı inkübasyon süreleri ve sıcaklıkları uygulanmıştır. Aspartamın stabilitesi HPLC ile belirlenmiş ve 43°C'de 6 saat inkübasyon süresinde %95'inin, 32°C'de 13 saat inkübasyonda ise 90'ının stabil kaldığı belirlenmiştir. Bu çalışma aspartamın meyveli yoğurt üretimi boyunca mükemmel bir stabiliteye sahip olduğunu göstermiştir (Pinheiro ve ark. 2005).

Neotam, süt ürünlerinde yalnızca pastörizasyona dayanıklı olmayıp, aynı zamanda fermentasyon boyunca yoğurt kültürleri tarafından metabolize edilmemektedir. Deneysel olarak üretilen yoğurtlarda, UHT pastörizasyon sonrasında %99'u stabil kalmış ve fermentasyonu takip eden 5 hafta boyunca soğukta depolandığında da önemli düzeyde parçalanma meydana gelmemiştir.<sup>20</sup>

### **3.6. Sofralık Amaçlı Tatlandırıcılar**

Bu tip formülasyonlara aspartam, asesulfam K, sakarin, siklamat, sorbitol ve laktitol katılmakta ancak en yaygın olarak aspartam kullanılmaktadır. Asesulfam K ise sudaki çözünürlüğünün yüksek olması, raf ömrünün uzun ve yüksek sıcaklıklarda çözünürlüğünün fazla olması nedeniyle tercih edilmektedir. Sakarin ve siklamat da stabilitelerinin yüksek olması ve ucuz olmaları nedeniyle kullanılan tatlandırıcılardır. Sorbitolün ise yoğun tatlandırıcılarla birlikte söz konusu formülasyonlarda kullanılması önerilmektedir (Elmacı ve Altuğ 2001).

Bu ürünler genellikle, granüler veya toz yapıda, sulu çözelti ve tablet şeklinde

hazırlanmaktadır. Tatlandırıcı tabletleri efervesan ve efervesan olmayan olmak üzere iki şekilde hazırlanmaktadır. Efervesan tabletler Avrupa’da oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Efervesan tablet hazırlanmasında, CO<sub>2</sub> salan ajan olarak sodyum hidrojen karbonat ve tartarik asit kullanılması uygundur. Bu iki bileşenin çok düşük miktardaki nem ile reaksiyona girmesini önlemek amacıyla, etkisiz bir dolgu maddesi olan soğuk suda çözünebilir jelatin kullanılmalıdır. Efervesan olmayan tablet üretimi daha kolay gerçekleşmektedir. Tatlandırıcının doğrudan tablet yapılması zor olduğu için, bağlayıcı ajan olarak karboksimetil selüloz ve polivinilprolidin eklendikten sonra presleme yapılmalıdır. Tabletler için standart konsantrasyon yaklaşık 3.5 g’lık 1 küp şekere eşdeğerdir. Çizelge 3.3’ de sofralık tatlandırıcılarda sinerjistik tatlandırıcı karışımlarının kullanım oranları ve bu karışımların sakarozun tatlılığı ile karşılaştırılması görülmektedir (Lotz 1991).

**Çizelge 3.3.** Sofralık Tatlandırıcılarda Kullanılan Tatlandırıcı Karışımları (Lotz 1991)

Tatlandırıcı karışımları (mg)			Sakaroz konsantrasyonu (g/L)		Sinerjizm
Asesulfam	Aspartam	Siklamat	Hesaplanan	Gözlenen	(%)
7	7	-	3.0	3.5	17
8	-	40	3.0	3.5	17
4	4	20	2.3	3.5	62

#### 4. SONUÇ

Günümüzde sağlıklı ve dengeli beslenmeye verilen önemin artması, özellikle gelişmiş ülkelerde obezite sorununun ciddi boyutlara ulaşması, insanların günlük alması gereken enerji miktarına dikkat etmelerine neden olmuş ve son yıllarda yapay tatlandırıcıların günlük diyetlerde kullanılması ivme kazanmıştır. Bu nedenlerden dolayı kalorisi düşük özel gıdaların üretiminde, şeker tüketimini önemli ölçüde azaltan yapay tatlandırıcıların önemi gün geçtikçe artmıştır.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; tatlandırıcı amaçlı kullanılan yapay katkı maddelerinin tüketim miktarı, insanlar tarafından günlük tüketilebilir miktarı (ADI değerini) aşmadığı takdirde sağlık üzerinde olumsuz etkileri minimum düzeyde kalmakta, ancak tüketim miktarı ADI değerini aştığında olumsuz etkiler söz konusu olabilmektedir.

Tatlandırıcı kullanılan ürünlerde sakarozun verdiği lezzetle tatlandırıcının verdiği lezzet birbirine benzemekte ancak, tat her iki sistemde de farklı olmakta, hoşça giden bazı lezzet özellikleri yok olurken, istenmeyen bazı lezzet özellikleri ortaya çıkabilmektedir. Bu tip ürünlerde üzerinde durulması gereken konu, tatlandırıcıların sakaroz yerine kullanılmasıyla aynı nitelikte bir ürünün elde edilemeyeceği, ancak yeni bir formülasyonla farklı bir ürün geliştirilebileceğidir.

Bu çalışmada, yapay tatlandırıcılara ait özellikler ve gıda sanayinde kullanım alanları detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. Konu ile ilgili çalışanlar ve üreticilerin yararlanmasına sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

- ANONİM 2001 Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Kullanılan Tatlandırıcıların Sağlık Kriterleri Tebliği. Tebliğ No:2001/40 17 s.
- ANONİM 2004. Position of the American Dietetic Association: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners. Journal of the American Dietetic Association. 2004;104: 255–275.
- ANONİM 2006 a Gıda Maddelerinde Kullanılan Tatlandırıcılar Tebliği. Tebliğ No: 2006/45, 16s.
- ANONİM 2006 b. Sweet Choices: Questions & Answers about Sweeteners in Low-Calorie Foods and Beverages. Calorie Control Council 5775 Peachtree-Dunwoody Rd., Bldg. G, Suite 500, Atlanta, 6 p.
- ALTUĞ T. ve Y. ELMACI, 2001. Tatlandırıcılar “T. Altuğ (Editör) Gıda Katkı maddeleri” Meta basım, Bornova, İzmir. 209-232.
- ARTIK, N., E.S. POYRAZOĞLU, A. TEKİN 1992. Aspartam ve Gıda Maddelerinde Kullanımı. Fen ve Tıp Bilimlerinde Araştırma Aylık Bilim Dergisi. Cilt 4, Sayı 39/40, Mart/Nisan 16-23.
- BAYHAN, A., KÜÇÜKKÖMÜRLER, S., YENTÜR, G., 1997. Bazı Gıda Maddelerine Katılan Yapay Tatlandırıcılar Üzerinde Araştırmalar. Gıda 22: (3) 187 – 191.
- BECK, K. M., 1978. Cyclamate. “M. S.Peterson, A. S., Johnson (Editör) Encyclopedia of Food Science”, Encyclopedia of Technology and Food Science Series. (Volume 3), The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 205- 207.
- CLONİNGER, M. R. and BALDWIN, R. E., 1974. L-aspartyl-phenylalanine Methyl Ester (aspartame) As a Sweetener. J. Food Sci. 39 (2) 347 – 349.
- COIFFARD, C., L. COIFFARD, F. PEIGNÉ ve Y. DE ROECK-HOLTZHAUER 1998. Effect of pH on Neohesperidin Dihydrochalcone Thermostability in Aqueous Solutions. Analusis, 26, 150-153.
- ÇOPUR, Ö. U., ve C. E., TAMER 1999. Alkolsüz İçeceklerde Yapay Tatlandırıcıların Kullanımı. Dünya Gıda 6, 36 – 39.
- DOĞAN, M. ve BOROĞLU, E. 2000. Süt Endüstrisinde Aspartam E 951. Süt Mikrobiyolojisi Katkı Maddeleri. VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Tekirdağ. 479 – 483.
- HYVOENEN, L. and SLOTTE M., 1983. Alternative sweetening of yogurt. Journal of

Food Technology 18 : 97–112.

KROEZE J.H.A. 2000. Neohesperidin Dihydrochalcone is not a Taste Enhancer in Aqueous Sucrose Solutions. Chem. Senses Oxford University Press. 25: 555 – 559.

KÜÇÜKÖNER, E., 2006. Yeni Ürün Geliştirmede Gıda Katkı Maddelerinin Fonksiyonları ve Önemi. Gıda. 31:(3) 175 – 181.

KÜÇÜKÖNER, E. ve KILINÇÇEKER, O., 2002. Gıda Sanayinde Kullanılan Tatlandırıcılar. Türkiye 7. Gıda Kongresi 22-24 Mayıs 2002, Ankara. 613 –624.

LOTZ, A., 1991. Applications of Acesulfame K in the Food Industry. The Third International Congress on Food Industry. 4-8 November 1991, Kuşadası-Türkiye. 349 – 362.

NABORS, O. L., 2004., Alternative Sweeteners. Agrofood Industry Hi-Tech. July/August 2004. 39 – 41.

NELSON, A.L., 2000. Properties of high-intensity sweeteners. In Sweeteners: Alternative–Practical Guide for the Food Industry, American Association of Cereal Chemists, ed. Saint Paul, Minnesota: Eagan Press. 17–30.

OSCAR, A. and L., GARFINKEL 1989. Histologic Changes in the Urinary Bladder in Relation to Cigarette Smoking and Use of Artificial Sweeteners. Cancer 64: 983-987,

ÖZ, Ş. G., 2003. Aspartam: Güvenilirliği Üzerine Yapılan Tartışma. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası Cilt 56, Sayı 2, 113-120.

ÖZAVAR, Ş., 1999. Meşrubat Sektöründe Yapay Tatlandırıcı Kullanımı. Gıda Teknolojisi. 4 :(4) 34-35.

ÖZBEK, N. ve YENTÜR, G., 1993. Gıdalarda Aspartamın Katkı Maddesi Olarak Kullanılması. Gıda 18 (1) 67 - 71.

PINHEIRO, M.V.S., M.N., OLIVEIRA, A.L.B., PENNA, A.Y., TAMIME 2005. The effect of different sweeteners in low-calorie — a review. International Journal of Dairy Technology. November 2005, Vol 58, No 4, 193 – 199.

SALMINEN, S. and HALLIKAINEN, A., 1990. Sweeteners. “A. L. Branen, P. M. Davidson, S. Saminen (Editör) Food Additives” Marcel Dekker, Inc. Newyork, 297 – 326.

SCHARDT, D. 2004. Sweet Nothings not All Sweeteners are Equal. Nutrition Action Healthletter, 8-11.

SPILLANE, W.J. 2004. Cyclamates – Sweeteners that are here to stay. Agrofood Industry Hi-tech 4, 30-31.



ŞAHAN, N. ve KAÇAR, A., 2004. Farklı Yağ Oranları ve Tatlandırıcı Kombinasyonlarının Enerjisi Azaltılmış Dondurmaların Fiziksel ve Duyusal Özelliklerine Etkileri. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 8(1): 1-6.

WOLF, E., 1979. Practical problems of cyclamate and saccharin incorporation in foodstuffs. In Health and Sugar Substitutes, Guggenheim B, ed. Cologne, Federal Republic of Germany: European Research Group for Oral Biology 20th Symposium, 153-158.

YASA, M., 2003. Avrupa Birliği ve Gıda Katkı Maddeleri. Dünya Gıda 2003-10, 72-74.

YURDAGEL, Ü., 1996. Yapay Tatlandırıcıların Diyabetik Gıdalarda Kullanım Olanakları. Gıda Teknolojisi. Yıl:1 Sayı: 8, 55 -59.

1: <http://www.nysaes.cornell.edu/fst/faculty/acree/ahb/acree70.html>

2: <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549acesulfame.html>

3:<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v16je02.htm>

4:[http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out52\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out52_en.pdf)

5: <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549aspartame.html>

6:[http://www.dsm.com/en\\_US/html/hsc/Aspartame-applications.htm](http://www.dsm.com/en_US/html/hsc/Aspartame-applications.htm)

7: [www.ajinomoto.ch](http://www.ajinomoto.ch)

8: [www.sucralose.org/brochure05.html](http://www.sucralose.org/brochure05.html)

9:[http://www.splendaprofessional.com/docs/Sucralose\\_Scientific\\_Safety\\_Review.pdf](http://www.splendaprofessional.com/docs/Sucralose_Scientific_Safety_Review.pdf)

10:([www.fda.gov/fdac/features/2006/406.sweeteners.html](http://www.fda.gov/fdac/features/2006/406.sweeteners.html))

11: [www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549sucralose.html](http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/549sucralose.html)

12:<http://www.ific.org/publications/brochures/sucralosebroch.cfm>

13: <http://www.caloriecontrol.org/prospective.html>

14: <http://www.agri.gov.il/Units/Kidum/eyal.html>

15: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je02.htm#1.0>

16: [http://www.foodproductdesign.com/articles/465/465\\_0399de.html#](http://www.foodproductdesign.com/articles/465/465_0399de.html#)

17: <http://www.innvista.com/health/nutrition/diet/salitame.htm>

18: <http://www.caloriecontrol.org/stevioside.html>

19:<http://www.neotame.com/faq.asp>

20: [www.caloricontrol.org](http://www.caloricontrol.org)

21: <http://www.fao.org/docrep/V5030E/V5030E0G.HTM>

## **TEŞEKKÜR**

Tezimin hazırlanması sırasında çok değerli yardımlarını ve desteğini gördüğüm Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR'a, çalışmalarım boyunca bana yol gösteren sevgili Hocam Sayın Öğr. Gör. Dr. C. Ece TAMER'e, bana her zaman destek olan Araş. Gör. Bige İNCEDAYI' ya teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bu süreçte bana verdikleri manevi destek ve gösterdikleri sabırdan dolayı aileme en içten sevgi ve saygılarımı sunarım.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1981 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sivas'ta tamamladı. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2003 yılında mezun oldu. Aynı yıl Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen aynı bölümde görevini sürdürmektedir.