




Tuz: Gıdalardaki Algısı, Fonksiyonları ve Kullanımının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler

Banu Akgün¹ , Seda Genç² , Muhammet Arıcı³ 

¹Gıda ve Yem Merkez Araştırma Enstitüsü, Katkı Kalıntı Bölümü, 16036, Osmangazi, Bursa

²Yaşar Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

³Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34210, Esenler, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 12.03.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 14.08.2018

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): banu.dede@tarimorman.gov.tr (B. Akgün)*

☎ 0 224 246 47 20 📠 0 224 246 19 41

ÖZ

Tuz insanlığın ilk çağlarından beri gıdanın lezzetini ve dayanıklılığını artırmak için kullanılmaktadır. Yapısındaki sodyum ile vücutta sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanmasında ve kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynayan tuz, fazla tüketildiğinde başta kalp hastalıkları olmak üzere pek çok önemli rahatsızlığa neden olmaktadır. Günümüzde, yetişkin insanların tükettikleri günlük ortalama tuz seviyesi tavsiye edilen miktarın çok üstündedir ve diyetle alınan tuzun çoğu işlenmiş gıdalardan gelmektedir. Bu nedenle, bilim insanları gıda endüstrisi ile ortak çalışmalar yaparak tuz alımının azaltılması için yeni stratejiler geliştirmektedir. Ancak ürünün kalite özelliklerini bozmadan NaCl seviyesini düşürmek kolay bir işlem değildir. Bu derlemede tuzun tat algısı, gıdalardaki fonksiyonları ve işlem görmüş gıdalarda tuz içeriğinin azaltılması için uygulanabilecek stratejiler hakkında bilgiler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: NaCl, Tuz azaltma stratejileri, İşlenmiş gıdalar, Tat algısı

Salt: Its Perception, Functions and Strategies to Reduce its Use in Foods

ABSTRACT

Salt has been used since the early ages of mankind to increase the palatability and durability of foods. Sodium in salt plays an important role in the fluid and electrolyte balance and regulation of blood pressure in human body; however, it may cause many serious illnesses especially heart diseases when consumed excessively. Today, daily salt consumption by adults is well above the recommended level, and most of the dietary salt consumption comes from processed foods. For this reason, scientists are collaborating with food industry to develop new strategies to reduce salt intake from processed foods. Nevertheless, lowering NaCl level of foods is not easy without damaging the quality characteristics of food products. In this study, information about the taste perception of salt, functions of salt in foods, and strategies to reduce the salt content of processed foods are reviewed.

Keywords: NaCl, Salt reduction strategies, Processed foods, Taste perception

GİRİŞ

Kalp ve damar hastalıkları tüm dünyada ölümlerin başlıca nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı bir insanın günlük tüketmesi gereken tuz miktarını 5g [2] olarak belirlemiştir

olsa da birçok endüstrileşmiş ülkede günlük tuz tüketiminin 9-12g [3], ülkemizde ise günde ortalama 15g olduğu rapor edilmiştir [4]. Hipertansiyon kalp damar hastalıklarının oluşumunda önemli bir risk faktörü olup fazla tuz tüketiminin hipertansiyonu tetikleyici etkisi olduğu ise uzun zamandan beri bilinmektedir [2, 5].

Binlerce yıl önce insanlar çok az miktarda (0.1-0.5 g/gün) tuz içeren bir diyetle beslenmekte ve diyetlerinin %50'sini et ve %50'sini sebze oluşturmaktaydı. Tarımın gelişmesiyle birlikte et tüketimi azalırken sebze tüketimi %90 oranına kadar ulaşmış ancak insanların tükettikleri tuz miktarında önemli bir değişiklik olmamıştır [6]. Tuzun işlenmesi ile ilgili ilk faaliyetler ise 8000 yıl öncesine dayanmaktadır [7, 8]. Başlarda üretimi sınırlı olan tuz çok değerli ve kullanımı lüks olarak görülmekteydi ancak ilerleyen zamanlarda maden ocaklarından tuz elde edilmeye başlanmasıyla birlikte tuz daha kolay bulunan ucuz bir madde haline gelmiştir [9]. Tuz ilavesiyle et ve diğer mevsimlik gıdaların kış aylarında da muhafaza edilebileceğinin anlaşılması tuza gıda alanında büyük önem kazandırmıştır. Gıda sanayinde tuz eklenmesinin birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenlerden başlıcaları, tuzun gıda ürününün işlenmesine yardımcı olması, genel lezzetini geliştirmesi, kötü tatlarını

maskeleymesi ve güvenliğini artırması olarak sıralanabilir [10].

19. yüzyılın sonlarına doğru soğutucuların icat edilmesiyle, tuzun koruyucu amaçlı kullanımı azalmış ve tüketicilerin gıda yoluyla aldığı tuz miktarı giderek düşmüştür ancak günümüzde insanların yüksek oranda gizli tuz içeren işlenmiş gıdaları yaygın olarak tüketmesi tuz alımını tekrar artırmıştır. Birçok gelişmiş ülkede günlük alınan tuz miktarının %75'den fazlasının işlenmiş gıdalar (paketlenmiş ya da restoranda satılan) kaynaklı olduğu tespit edilmiştir [11, 12]. Doğal olarak az miktarda tuz içeren taze gıdalar (et, sebze ve meyve gibi) işlem gördüğü zaman tuz seviyesi önemli oranda artmaktadır (Tablo 1) [13]. Gıda endüstrisi için işlenmiş gıdaların tuz seviyesini azaltmak kolay bir işlem değildir çünkü ürünün kalite özellikleri ve tüketici tarafından kabul edilebilirliği ürünlerdeki tuz miktarı ile ilişkilidir [14].

Tablo 1. Bazı işlem görmüş ve işlem görmemiş ürünlerin sodyum ve tuz içerikleri [15, 16]

Ürün (100 g)	Na (mg)	NaCl (g)	
İşlem görmemiş	Sığır Eti	63	0.16
	Domuz Eti	70	0.18
	Tavuk	60	0.15
	Hindi	50	0.13
	Somon balığı	110	0.28
	Buğday kepeği	28	0.07
	Patates	9	0.02
	Bezelye	eser miktarda	eser miktarda
İşlem görmüş	Jambon (domuz)	900-1220	2.3-3.0
	Sosisler	600-1080	1.5-2.7
	Tavuk nugetler	600	1.5
	Hamburger köfteleri	290-400	0.7-1.0
	Tütsülenmiş somon balığı	1880	4.7
	Buğday gevreği	1000	2.5
	Konserve patates	250	0.63
	Konserve bezelye	250	0.63

WHO tuz azaltımıyla ilgili önemli çalışmalar yürütmektedir. Yapılan araştırmalar, ülkelerin yeme içme alışkanlıklarındaki farklılıkların o bölgedeki insanların günlük tükettikleri tuz miktarını etkilediğini göstermiştir (Tablo 2). Bu durum, ortak bir tuz azaltma stratejisi geliştirmeyi neredeyse imkansız hale getirmektedir. Dolayısıyla, WHO her ülkenin kendi tuz azaltma programını oluşturması gerektiğini belirtmiştir [17]. WHO (2012) kılavuzuna göre günlük alınan tuz miktarını 5 g'ın altına düşürmek kalp-damar hastalıklarının önlenmesini ve bu sayede tedavi giderlerinden tasarruf edilmesini sağlayacaktır [18]. Dünyada giderek artan sayıda ülke popülasyon bazında tuz azaltma stratejilerini benimsemektedir [19]. Avrupa Komisyonunun (EC) gerçekleştirdiği bir toplantıda üye ülkelerden devam eden tuz azaltma girişimleri hakkında bilgi vermeleri istenmiş ve tuz azaltma stratejilerinin maksimum verimliliğe ulaşması için gıda firmalarının yüksek pazar payına sahip ürünlerinin tuz seviyelerini azaltması gerektiği belirtilmiştir [20].

WHO, ulusal düzeydeki tuz azaltma stratejilerini (i) tüketici eğitimi, (ii) ürünün düşük sodyum içerecek şekilde yeniden formüle edilmesi ve (iii) sağlıklı gıdayı satın almaya teşvik edecek şekilde etiketleme yapılması olmak üzere 3 temel gruba ayırmıştır [16]. Neredeyse

tüm ulusal tuz azaltma programlarında, tüketicilere tuzun zararları hakkında bilgi ya da eğitim verilmektedir. Bu tür programlar, tuzun temel olarak pişirme sırasında veya masada birey tarafından eklendiği düşük ve orta gelirli ülkelerde daha fazla etkiye sahip olmaktadır [22]. Tuzun büyük kısmının işlenmiş veya paketlenmiş gıdalardan geldiği ülkelerde, eğitimle davranış değiştirme programları, markette sodyum seviyesi azaltılmış gıdalara olan talepleri ve ürünlerin yeniden formüle edilmesi gerekliliğini artırmaktadır [23]. Yüksek tuz tüketimi olan ülkemizde bu durumun nedenleri incelendiğinde tuzlu yemekleri tercih etmek gibi kişisel yönelimlerin yanında ülkemize özgü nedenler de bulunmaktadır. Örneğin, ülkemizde ekme (400-500 g/gün) yaygın olarak tüketilmektedir ve 100 g ekme ortalama 1.5-2.0 g tuz içermektedir [24]. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tuz tüketiminin azaltılması için ulusal bir eylem planı (Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Eylem Planı 2017-2021) uygulanmaktadır. Aşırı tuz tüketimine neden olan ekmekte tuzun azaltılması için eğitim materyallerinin oluşturulması, işlenmiş ürünlerde sodyum seviyesinin azaltılması için yeni formülasyon çalışmalarının teşvik edilmesi, toplu beslenme yerlerindeki masalardan tuzlukların kaldırılması ve yasal düzenlemeler yapılması ülkemizde uygulanan tuz azaltma stratejilerinden bazılarıdır [25].

Tablo 2. Bazı ülkelerin yıllara göre kişi başı günlük tuz tüketim miktarları (g/gün) [4, 21]

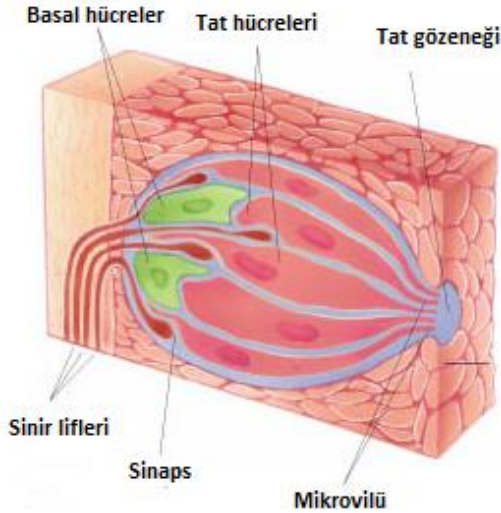
Ülke	Yetişkin erkek	Yetişkin bayan	Yıl
Almanya	7.1	5.4	2010-11
Avusturya	9.0	8.0	2000-7
İngiltere	9.3	6.8	2011
İrlanda	11.1	8.5	2007-10
Polonya	11.5	11.5	2009
İspanya	11.5	8.4	2009
Macaristan	11.2-17.2	9.6-12.0	2009-10
Portekiz	12.3	12.3	2006
Romanya	12.3	10.0	2010
Slovenya	14.3	11.0	2007
Türkiye	14.8	14.8	2012

Bu çalışmada tat duyusu, tuzun gıdalardaki fonksiyonları ve gıdaların tuz seviyesinin azaltılması için kullanılabilir yöntemler hakkında bilgi verilmiş ve ürünlerin NaCl içeriğinin azaltılmasıyla ilgili yapılmış güncel çalışmaların sonuçları derlenmiştir.

TAT ALGISI VE TUZUN GIDADAKİ FONKSİYONU

Tat Algısı

Tat alma, kimyasal uyarıların sonucu ortaya çıkan bir duydur [26]. Tat duyusu, ağızda, dilde ve boğazda bulunan tat tomurcukları (küçük soğan benzeri yapılar) tarafından alınmaktadır (Şekil 1). Dilimiz üzerindeki tat tomurcuklarının sayısı insanın yaşıyla bağlantılıdır. Dil yüzeyinde gömülü durumda 4000 ile 9000 arasında tat tomurcuğu bulunurken çocuklarda sayıları çok daha fazladır. İnsanlar yaşlandıkça sahip oldukları tat tomurcuğu sayısı azalır ve tadı daha az algılamaya başlarlar [27].



Şekil 1. Tipik bir lezzet tomurcuğunun morfolojisi ve hüresel organizasyonu [28]

Tat tomurcuklarının hepsi aynı görünür ama her biri tatlı, tuzlu, ekşi veya acı tatlardan sadece birine tepki gösterirler. Her tat tomurcuğu farklı tatların algılanmasından sorumlu tat reseptör hücresi olarak bilinen 50-100 özelleşmiş hücreyi barındırmaktadır. Bu hücreler 4 alt gruba ayrılmaktadır. Tip I hücreleri tat tomurcuklarında en fazla bulunan tat hücreleri olup tuz

tadının algılanmasından sorumludur. En yoğun olarak incelenen tat hücrelerinden olan tip II hücrelerinin yüzeylerinde spesifik reseptör proteinleri bulunmakta ve bu hücreler tatlı, acı ve umami tatlarının algılanmasında görev almaktadır. Tip III hücreleri ekşi tadın algılanmasından sorumlu iken tip IV hücrelerinin işlevi tam olarak anlaşılamamış durumdadır [29]. Araştırmacılar, tip II tat hücrelerinin T1R2, T1R3 ve T2R isimli reseptörleri içerdiğini bulmuşlardır. T1R2, T1R3 reseptörlerinin tatlı, T2R reseptörlerinin ise acı tat uyarıcı bileşiklerini tanıtmaktan sorumlu olduğu saptanmıştır [30].

Ağızda bulunan en basit reseptör NaCl reseptörüdür. Tuz gibi iyonik uyarıcılar tat reseptör hücre membranındaki iyon kanalları ile doğrudan reaksiyona girmektedir. İyon kanalları tuz katyonları (Na⁺) için geçirgen özelliktedir ve membran boyunca elektrik potansiyelinde değişim olmakta ve depolarizasyon gerçekleşmektedir [31]. Bu durum, voltaj-ayarlı Ca²⁺ kapılarının açılmasına ve nörotransmitter salınmasına neden olmaktadır. Tuz tadının algılanması tat reseptörleri üzerindeki sodyum kanallarının (EnAC olarak adlandırılan) sodyum tarafından aktive edilmesiyle başlar ve gelen sinyaller beyindeki tat alma duyu merkezine iletilir [32]. Düşük sodyum konsantrasyonlarında, gelen sinyal çok zayıf olabilir ve sodyum içermeyen benzer bir solüsyonla aralarındaki fark anlaşılmayabilir. Sodyum konsantrasyonu arttıkça, gelen sinyalin gücü artar ve belli bir seviyede birey sodyum içeren çözeltiyi içermeyen çözeltilerden ayırt edebilmeye başlar [33].

Ekşi tat gıdalardaki asitlerin oluşturduğu hidrojen (H⁺) iyonları nedeni ile oluşmaktadır. Ekşi tadın algılanmasında görev alan farklı reseptör proteinleri bulunmaktadır. Hücrenin içine H⁺ iyonlarının akmasını mümkün kılan iyon kanallarıdır. Ekşi ve tuzlu tadın algılanmasında, EnAC kanalında aynı protein görev almaktadır. Bu nedenle, ekşi tadın varlığında tuzlu tadın algılanması azalmaktadır [32].

Sodyum Klorürün Gıdalardaki Fonksiyonları

Lezzet

Sofra tuzu (NaCl) birçok mutfak kültüründe lezzet verici madde olarak kullanılmaktadır. Tüketiciler yeterli seviyede tuz kullanılmayan ürünleri yavan ve lezzetsiz

bulmaktadır. Bu durumun nedeni, tuzun istenmeyen tatları (acı, metalik veya kimyasal) maskelerken, arzulanan bazı tatların (tatlılık gibi) yoğunluğunu arttırabilme potansiyelinden kaynaklanmaktadır [34]. Sodyum klorür tuzluluğu en yüksek sodyum bileşimidir ve bir maddenin tuzluluk oranı bu maddeye göre ölçülmektedir. Örneğin, sofraya tuzunun (NaCl) "tuzluluk" oranı 1 iken potasyum klorürün tuzluluk oranı 0,6'dır [27]. Genelde, tuzluluk Na^+ katyonları aracılığıyla ortaya çıkmaktadır ancak Ca^{2+} , K^+ , Li^+ ve NH_4^+ gibi katyonlar da tuzlu tada sahiptirler [35]. NaCl dışındaki bazı mineral tuzları (KCl, CaCl_2 , MgSO_4 gibi) ürüne tuzlu tadı verebilse de düşük kararlılık, kötü tat ve kokularından dolayı gıdada kullanımları kısıtlıdır [36] ayrıca tuz önemli aroma bileşiklerinin sentezlenmesine yardım eden bazı organizmaların gelişmesini ve enzimlerin aktivitesini düzenleyerek gıdanın lezzetini etkilemektedir [37].

Farklı lezzet özelliklerine sahip iki bileşik karıştırıldığında, çeşitli etkileşimler (artırma ya da baskılama) meydana gelebilmektedir. Gıda matrislerinde, sodyum tuzları diğer tat özelliklerini etkilemektedir. Örneğin, tuzlu ve ekşi tat karışımları düşük konsantrasyonlarda birbirlerinin yoğunluğunu artırırken yüksek konsantrasyonlarda birbirinin tadını baskılamaktadır [38]. Tuzluluk acı tattan daha az etkilenirken, acılık tüm yoğunluklarda sodyum tarafından bastırılmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda, tuzlu tat tatlı tadın yoğunluğunu artırırken orta yoğunlukta tatlı tat tuzlu tadın yoğunluğunu azaltmaktadır [39].

Doku ve Diğer Kalite Kriterleri

Yapılan çalışmalar, tuzun gıdaların tekstürel özellikleri ve bazı kalite kriterleri (yağ miktarı, starter kültür aktivitesi, nem oranı ve pH değeri) üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir [40]. Tuz, gıdadaki diğer temel bileşenlerle (protein, yağ ya da su) etkileşime girip gıdaların dokusunu ve işleme sırasında oluşan reaksiyonları etkilemektedir [41]. Ekmek veya diğer fermente ürünlerin yapımında tuz kullanılması gluten proteinlerinden uzayabilir ağ oluşmasına yardım etmektedir. Unlu mamullerin yapımında optimal tuz konsantrasyonunun seçilmesi önemlidir çünkü yetersiz eklenen tuz mayanın gelişimini sınırlayamamaktadır. Bu durum, fazla büyük ve zayıf tekstüre sahip bir ürün elde edilmesine neden olabilmektedir [42]. Tuzun suda sodyum ve klorür iyonları şeklinde çözünmesi unun suyu daha hızlı şekilde absorbe etmesini sağlamaktadır. Bu sayede, makarna ürününün gerilme direnci, esnekliği ve ağsı gluten yapısı gelişirken, kırılma oranı azalmaktadır [43, 44].

Etlere eklenen tuz, proteinlerin daha fazla su molekülü bağlamasını sağlamaktadır. Akabinde, etin yumuşaklığı artarken ısıtma işlemi gören vakum paketlenmiş ürünlerin sıvı kaybı azalmaktadır [41]. Bunun yanında, tuzun miyofibril proteinleri çözebilmesi emülsiyon et ürünlerinin (sucuk, sosis gibi) işlenebilir olmasını sağlayan önemli faktörlerden biridir [45]. Peynir yapımının son aşamasında tuz eklenmektedir ve peynirdeki sodyumun temel kaynağı eklenen bu tuzdur. Tuz, peynirin son nemini, tekstürünü, starter bakteri ve aroma üreten sekonder organizma tiplerinin üründeki aktivitesini ve

gelişmesini etkilemektedir [46, 47]. Yapılan çalışmalar, starter kültür bakterileri içerisinde *Lactobacillus* türlerinin ve *Streptococcus thermophilus*'un tuza en dirençli mikroorganizmalar olduklarını göstermiştir. Peynir yapımında kullanılan *Lactococcus* spp. suşlarının gelişiminin ortamdaki düşük NaCl konsantrasyonlarında teşvik edilirken, $>5\%$ tuz/nem konsantrasyonlarında suşlar üzerine güçlü inhibisyon etkileri olduğu gözlemlenmiştir [48]. Her tuz kendine özgü bir pH değerine sahiptir ve saf suyun pH değerinin NaCl eklenmeye başladıkça arttığı saptanmıştır [49]. Bu nedenle, gıdaya eklenen tuz formülasyonunda bir değişiklik yapıldığı zaman ürünün kalite kriterlerinin incelenmesi yerinde olacaktır.

Mikrobiyolojik Güvenlik

Tuz, su aktivitesi (a_w) değerini patojenlerin ve bozulma yapan mikroorganizmaların gıdada gelişmesi için gereken seviyenin altına düşürerek koruyucu görevi yapmaktadır. a_w değeri gıdadaki suyun enzimatik reaksiyonlar, mikrobiyal gelişme ve metabolik faaliyetler için kullanılabilirliğinin göstergesidir. Her mikrobiyal türün gelişebildiği minimum bir a_w değeri vardır [50]. Et, balık, sebze, ekmek ve pişmiş sosis gibi kolay bozulabilir gıdalarda *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Proteus*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Clostridium perfringens* ve bazı mayalar gelişebilirken; reçel ve marmelat gibi düşük su aktivitesine ($a_w \sim 0.750$) sahip ürünlerde halofilik bakteriler gelişebilmektedir. a_w değeri 0.5'in altına düştüğünde mikroorganizmalar gıdada genellikle gelişmemektedir [51].

Gıda muhafaza yöntemleri; a_w ve pH değerininin azaltılması, koruyucu eklenmesi, düşük sıcaklıkta depolama gibi farklı adımları içerebilmektedir. Ürün stabilitesi için bu adımları kombinasyonlar halinde kullanmak tek başına kullanmaktan daha etkilidir [52]. Eğer bir ürünün a_w 'si azalırsa raf ömrü de paralel olarak azalmaktadır. Tuz seviyesinin azaltıldığı durumlarda antimikrobiyal etkinin artması ve raf ömrünün aynı kalması için diğer faktörlerde değişiklik yapmak gerekmektedir [50].

TUZ SEVİYESİNİN AZALTILMASI İÇİN KULLANILAN TEMEL YAKLAŞIMLAR

İşlenmiş gıdaların tuz seviyesini azaltmak için farklı stratejiler uygulanabilmektedir [36]. Bu yöntemlerin temeli: (i) NaCl'nin bir kısmının ya da tamamının kademeli olarak azaltılmasına, (ii) NaCl yerine alternatif tuzların ve lezzet artırıcıların kullanılmasına, (iii) tüketicilerin eğitime, (iv) çeşitli tekniklerle tuz difüzyonunun artırılmasına (v) tuzun fiziksel formunun değiştirilmesine ya da (vi) duyuusal kontrastlar yaratılmasına dayanmaktadır [13].

Toplam Tuz İçeriğinin Azaltılması ve Tüketici Eğitimi

Ürün formülasyonundaki tuz içeriği tüketici tarafından fark edilmeyecek şekilde kademeli olarak azaltılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda, az miktarda ve

kademeli tuz azaltılmasına ağız tadının uyum sağladığı bu nedenle tüketicilerin tuz seviyesi azaltılan ürünü normal tuzlulukta algıladıkları saptanmıştır [53]. İngiltere bu stratejiyi uygulayarak 3 senelik periyotta marketlerde satılan birçok işlenmiş gıda ürününün sodyum içeriğini %20-30 oranında azaltmayı başarmıştır [54]. Bu strateji sodyum alımının azaltılmasına yardım etse dahi bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Popülasyonun tahminen %25'inin tada çok duyarlı bireylerden oluşması dikkat çekmeden tuz azaltımı yapılmasının önünde bir engel teşkil etmektedir [36] ayrıca zaman gerektiren bu stratejinin etkili olabilmesi için endüstriyel ölçekte tüm ürünlere uygulanması gerekmektedir. Öte yandan, tüketiciler daha az tuzlu tada adaptasyon sağlasa bile gerçekte ürünün tadını bozmadan azaltılabilecek tuz miktarı sınırlıdır, tuzu azaltmak ürünün raf ömrünün kısalmasına ve istenmeyen acı tatların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [13, 55]. Tuz tüketimini azaltma çalışmalarında toplum eğitimi çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu farkındalık artırma çabalarının ne kadar etkili olduğu İngiltere ve Finlandiya'da gösterilmiştir. Kamu ve sivil toplum kuruluşlarının gerçekleştirdiği eğitimler, bilgilendirmeler sayesinde tüketici duyarlılığı artmış ve fazla tuz alımının neden olabileceği potansiyel sağlık sorunları hakkında insanlar bilinçli hale gelmiştir [25].

2016 yılında Uruguay'da ekmekte kademeli tuz azaltma programı geliştirmek üzerine bir çalışma yapılmıştır. 303 tüketicinin katıldığı araştırmada 2 ayrı tüketici çalışması gerçekleştirilmiştir. 204 tüketicinin yer aldığı ilk çalışma sonucunda ekmekte tuzluluk için sıralı 4 tane tat eşik değeri (%2.00, 1.80, 1.61 ve 1.38) belirlenmiş ve ikinci çalışmada 99 tüketici 5 farklı formülasyonla üretilen ekmeklerin duyuşal ve hedonik özelliklerini değerlendirmiştir. Normal şartlarda 2% oranında tuz içeren ekmeğin tuz seviyesinin tüketicilerin duyuşal algılarını negatif olarak etkilemeden 10% seviyesinde azaltılabileceği saptanmıştır. Daha fazla tuz azaltımı yapabilmek için belli bir süre beklenmesi gerektiği ve bu süre zarfında tüketicilerin tuzu azaltılmış ekmeğin duyuşal karakterine zamanla alışabildiği fark edilmiştir. Kademeli tuz azaltma sırasında geçmesi gereken süre yapılacak çalışmalarla hesaplanmalıdır ayrıca tüketicilerin tuza karşı olan hedonik duyarlılıklarında önemli farklılıklar görülmüştür. Bu nedenle, tüketicilerin tuzu azaltılmış gıdalara karşı olan algılarını incelerken tüketicilerin segmentasyonu da göz önünde bulundurulmalıdır [56].

Yapılan bir çalışmada, domates suyunda ani tuz azaltımı ve kademeli tuz azaltımı yapmanın tüketici kabul edilebilirliğini nasıl etkilediği incelenmiştir. Tüketicilerin tuza karşı olan hedonik duyarlılıklarının bu yöntemlerin verimliliğini etkileyip etkilemediği de değerlendirilmiştir. Öncelikle dört farklı tuz konsantrasyonunda (136-640 mg sodyum aralığında) domates suları hazırlanmıştır. Bir grup paneliste düşük sodyum içeren domates suyu 4 hafta sonunda aniden tattırılırken, diğer gruba tuz seviyesi kademeli olarak azaltılan domates suları 16 hafta süresi boyunca tattırılmıştır. Ani tuz azaltımı beğeni skorlarında ciddi bir düşüşe neden olurken kademeli tuz azaltımında tüketicilerin kabul edilebilirliği korunmuştur. Düşük

hedonik duyarlılığa sahip kişiler, tuz azaltma stratejilerine olumlu yanıtlar vermiş ve tuzu azaltılmış gıdalarının tadına uyum sağlamada herhangi bir zorluk çekmemişlerdir. Öte yandan, her iki stratejide de tuz azaltımının belli bir seviyeye kadar yapılabileceği görülmüştür [57].

İngiltere'de üretilen ekmeklerin tuz içeriği son on yılda kademeli olarak azaltılmıştır. Brinsden ve ark. (2013), paketlenmiş ekmeklerde yapılan tuz azaltma çalışmalarını incelemiştir. 2001'de 1.23 g/100 g olan tuz miktarının 2011'de 0.98 g'a (%20 oranında) düştüğü belirlenmiştir. Bu çalışma, ekmeğin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini olumsuz olarak etkilemeden üreticilerin tuz seviyesini zamanla azaltılabileceğini göstermektedir ayrıca piyasada satılan işlenmiş ürünlerin tuz seviyelerinde geniş bir varyasyon olduğu ve tuz seviyesi azaltma çalışmalarının diğer ürünler içinde uygulanması gerektiği saptanmıştır [58].

Karanja ve ark. (2007) sodyum seviyesi azaltılmış diyetlerin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini farklı beslenme planlarını, hipertansiyonun 1. evresinde olan 354 yetişkin bireye uygulayarak incelemişler. Farklı beslenme planları, hipertansiyonun 1. evresinde olan 354 yetişkin bireye uygulanmıştır. Katılımcılara meyve, sebze ve süt ürünleri yönünden zengin ve 3 farklı seviye de (az (1200 mg/gün), orta (2300 mg/gün) ve yüksek (3500 mg/gün)) sodyum içeren bir diyetler verilmiştir. Bu çalışmaya katılanlar; günlük olarak yüksek seviyede tuz tüketen kişilerden seçilmesine rağmen orta seviyede sodyum içeren diyetin tuzluluğunu en fazla kabul edilebilir olarak oylamışlardır. Bu sonucun nedenlerinden biri de tuz ve hipertansiyon arasındaki ilişkiyi kavrayan tüketicilerin doğru cevabı vermek istemeleridir. Bu nedenle, sağlık ve beslenme uzmanları bu durumdaki kişilere günlük maksimum alması gereken sodyum miktarı ve tüketmesi gereken yiyecek çeşitleri hakkında bilgi verdiklerinde; bu kişilerin tuz tüketimlerini zamanla azaltılabileceği saptanmıştır [59].

Tuz Yerine Geçen Maddelerin ve Lezzet Artırıcıların Kullanılması

Diyetle alınan sodyum miktarını azaltmak için kullanılan yöntemlerden biri de NaCl yerine ikame maddelerinin (tuzluluk tadı veren fakat sodyum içermeyen) ve lezzet artırıcıların kullanılmasıdır [53]. Potasyum klorür (KCl), magnezyum klorür (MgCl₂), amonyum klorür (NH₄Cl), potasyum laktat ve kalsiyum klorür (CaCl₂) gibi mineral tuzları, bazı dipeptitler ya da aminoasitler (lizin, arjinin gibi) NaCl'nin bir kısmının veya tamamının yerine tek veya kombinasyonlar halinde kullanılabilirler ancak bu alternatif maddeler üründe istenmeyen tatlara (acı, metalik ya da buruk) sebep olabilmektedirler. KCl en yaygın olarak kullanılan tuz ikame maddesi olmasına rağmen gıdalarda 50/50 oranında NaCl/KCl kullanımının acılık artışına ve tuzluluk kaybına neden olduğu saptanmıştır [54]. Bu durum, tuz ikame maddelerinin kullanımını sınırlamakta ve acılık önleyici maddelerle (tatlandırıcı, adenozin 5'monofosfat gibi) beraber kullanılması gerektiğini göstermektedir [48]. Umami tadı veren maddeler de sodyum azaltımıyla ilgili çalışmalarda lezzet geliştirici olarak kullanılabilirler

çünkü bu maddeler hem genel lezzet profilini dengeye ulaştırmakta hem de tuzluluk algısını artırmaktadır [39].

Şimşek (2016) yürüttüğü bir çalışmada, 5 farklı klorür tuzu formülasyonu (%100 NaCl-kontrol, %50 NaCl+%50 KCl, %50 NaCl+%30 KCl+%20 MgCl₂, %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl₂, %50 NaCl+%30 KCl+%10 MgCl₂+%10 CaCl₂) kullanmanın sucuğun mikrobiyal, duyuusal ve fiziko-kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre sucuk üretiminde farklı tuzlar kullanılması oluşan laktik asit bakterileri ve *Enterobacteriaceae* sayısında istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır (P>0.05). Öte yandan, farklı tuzlar kullanımı ürünün pH değerini etkilemiştir (P<0.01). En düşük pH değeri %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl₂ içeren üründe saptanmıştır. %100 NaCl içeren sucuğun en düşük a_w bu maddeler sahip olduğu, tuz içeriğinin değiştirilmesinin az sayıda uçucu bileşenin konsantrasyonunu etkilediği görülmüştür. Duyusal analiz sırasında değerlendirilen özellikler (renk, tekstür, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik) arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir (P>0.05) [60].

Baharatlar, çeşniler ve otlar sofraya tuzu yerine kullanılabilir sağlıklı ve güvenli alternatiflerdir. Lee (2011), NaCl yerine kullanılabilir bir ürün geliştirmek için bir çalışma yapmıştır. Öncelikle, 13 farklı bitkiden ekstrakt elde edilmiş ve bu maddeler duyuusal olarak değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda tuz ve umami tadına sahip olan 3 bitki ekstraktı (*S. herbacea* (saltwort), *L. japonica* (sea tangle) ve *L. chinensis* (kukoshi)) seçilmiştir. Püskürtmeli kurutucu yardımıyla bu maddeler toz haline getirilip karıştırılmış ve tuz yerine geçen madde (PSS) olarak kullanılmıştır. Elde edilen bu karışım ile NaCl sodyum seviyesi ve tuzluluk yoğunluğu açısından karşılaştırılmıştır. PSS'nin tuzluluğunun NaCl'ye oranla 0.65 olduğu bulunmuştur ayrıca PSS ile NaCl'nin tuzluluğu eşit seviyeye getirildiğinde PSS NaCl'den %43 daha az sodyum içerdiği saptanmıştır. Kısacası, ürünlerin tuzluluğunu etkilemeden tüketicilerin aldığı sodyum miktarını azaltacak alternatif bir karışım elde edilmiştir [61].

Diğer bir çalışmada, seyyar olarak satılan iki Singapur yemeğinin (mee soto ve tavuklu pilav) sodyum seviyesini azaltmak için monosodyum glutamat (MSG) ya da Ajiplus® (MSG ve nükleotit karışımı) sofraya tuzunun bir kısmının yerine kullanılmıştır. Bu ürünlerin tuz seviyesi %40 azaltılınca, tavuk aromasının, tuzluluğun, baharat aromasının, umami ve tatlı tadın azaldığı saptanmıştır. Öte yandan, bu lezzet arttırıcıların eklenmesiyle ürünlerin tuzluluğunun, tavuk aromasının ve umami tadın arttığı gözlemlenmiştir. Kontrol ile NaCl seviyesi %40 azaltılan (azaltılan NaCl miktarında MSG eklenen) ürünler arasında tuzluluk açısından bir farklılık hissedilmemiştir. Bu çalışma sonucunda, MSG ilavesinin lezzet yoğunluğunda, umami tat ve ağızda bırakılan histe pozitif etkiler yarattığı görülmüştür [62].

Üreticilere göre tuz azaltma çalışmalarında aminoasitlerin kullanımı tuz ikame maddesinin tuzluluğunu arttırmakta, istenmeyen tatlarını maskelemekte ve tüketicinin vücudundan sodyum atımını artırmaktadır. Piyasada yer alan birçok tuzluluk

arttırıcı L-lizin ve L-arjininin pozitif etkilerini kullanmaktadır [36]. Guerrero ve ark. (1995) birçok gıdada ve içeceklerde kullanılabilir bir tuzluluk arttırıcı formülasyonu geliştirdiklerini açıklamışlardır. Oluşturdukları tuz ikame formülasyonu; peptit ve serbest amino asitler (lizin ve arjinin) içermektedir [63]. K⁺ iyonlarının yüksek molekül ağırlığına sahip olması KCl'nin eklendiği gıdaya istenmeyen acı ve metalik bir tat katmasına neden olmaktadır. Waimaleongora-Ek (2006) bu sorunu çözmek için bir çalışma yapmış ve KCl'nin yarattığı acı ve metalik tadı baskılamak için tuz formülasyonuna L-arjinin aminoasidi ilave etmiştir. NaCl/KCl/L-arjinin içeren 11 farklı tuz formülasyonu oluşturulmuş ve tüketicilerden (n=385) bu formülasyonları duyuusal olarak değerlendirmesi istenmiştir. %65 KCl ve %35 NaCl içeren solüsyonun %100 NaCl içeren solüsyondan tuzluluk ve acılık yönünden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, acılık ve genel beğeni skorlarına göre optimal tuz formülasyonunun %56-100 NaCl, %0-44 KCl ve %0-5 L-arjinin olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, belli konsantrasyonlardaki L-arjininin KCl'nin yarattığı acılığı kısmen maskeleyebildiğini göstermiştir [64].

Kremer ve ark. (2009), NaCl yerine doğal soya sosu kullanarak 3 farklı gıda grubunun (salata sosu, domates çorbası ve kızartılmış domuz eti) sodyum seviyesini azaltmaya çalışmıştır. Hazırlanmasında değişen oranlarda (%100-0, %75-25, %50-50, %75-25 ve %0-100) NaCl ve soya sosu karışımı kullanmanın salata sosunun (memnuniyet, tuzluluk, ekşilik ve genel tat yoğunluğu), çorbanın (memnuniyet, tuzluluk, domates tadı ve genel tat yoğunluğu) ve kızartılmış domuz etinin (memnuniyet, tuzluluk, et tadı, genel tat yoğunluğu) çeşitli kalite kriterleri üzerine olan etkileri panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Soya sosunun kendine has kokusunun ve umami tadı veren bazı maddeleri (örneğin glutamik asit) yüksek miktarda içermesinin tuzluluk tadının algılanmasını artırdığı bilinmektedir. Elde edilen verilere göre, bu stratejiyle test edilen gıdaların (salata sosu, çorba ve domuz eti) genel lezzet yoğunluğunda ve paralelinde tüketici tarafından kabulünde bir değişime neden olmadan sırasıyla %50, %17 ve %29 oranında NaCl azaltımı yapılabilmektedir [65].

Yapılan bir çalışmada ise ekmeğin sodyum seviyesini azaltmak için NaCl'nin bir kısmının yerine potasyum, kalsiyum ve magnezyum tuzları kullanılmıştır. Üretilen ekmeğin hacmi, kabuk rengi, iç rengi, yapısı ve duyuusal özellikleri 122 tüketici tarafından değerlendirilmiştir. Sodyum seviyesi %32.3 oranında azaltılan kahverengi ekmeğin pişme kalitesinin, görünüşünün, dokusunun ve tadının kabul edilebilir olduğu görülmüştür [66].

Alternatif Teknolojiler Kullanılması

Isıl olmayan gıda işleme teknolojilerinden olan yüksek basınç (HPP) ve ultrason uygulamaları et ürünlerinin tuz seviyesini azaltmak için kullanılabilir. HPP işleminde, 400-600 MPa değerlerindeki basınç çok yüksek olmayan sıcaklıklarda (<45°C) ürüne uygulanmaktadır [67]. Genelde patojen mikroorganizmaların gelişmesini önlemek için kullanılan bu teknoloji, tuz seviyesi azaltılan ürünlerin fiziksel,

tektürel ve tat özelliklerini korumak için de kullanılabilir. Basınç uygulamasıyla sodyum iyonları ve protein arasındaki etkileşimler değişmekte ve dil üzerindeki tat reseptörlerine sodyum girişi artmaktadır [68]. Tuzlama işlemi sırasında ultrases tekniğinin kullanılması ise tuzun ette düzgün bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Bu sayede, NaCl seviyesi azaltılan üründe algılanan tuzluluk artmaktadır [69].

Et ürünleri işlenmiş gıdalarla vücuda alınan tuz miktarının yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Bu nedenle, işlenmiş et ürünlerindeki sodyum seviyesini azaltmak tüketicilerin sağlıklı beslenmesini sağlamak açısından çok önemlidir. Etteki sodyum sadece sodyum klorürden gelmemektedir ette ekstra sodyum kaynakları (doğal olarak bulunan, sodyum fosfatlar ve sodyum nitratlar) bulunmaktadır. Bir çalışmada, farklı işlem basamaklarında (hammadde, enjeksiyondan sonra, karıştırmadan sonra ve pişirmeden sonra) yüksek basınç (HPP) (100, 300 ve 600 MPa) uygulanmasının, NaCl içeriğinin (%0, 0.95, 1.33 ve 1.90) ve fosfat içeriğinin (%0 ve 0.25) değiştirilmesinin pişmiş jambonun bazı kalite kriterleri (pişirme kaybı, tekstür, su tutma kapasitesi, renk ve tuzluluk tadı) üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çiğ ete HPP uygulaması yapmanın tuzu azaltılmış jambonun yapısına ve su tutma kapasitesine zarar verdiği görülmüştür. KCl (%0.2) maddesi HPP (karıştırma basamağının ardından 100 MPa'da) uygulanarak kullanıldığında jambonda %45 NaCl azaltımı yapılabildiği görülmüştür [70].

Et ürünleri kadar yaygın olmasa da düşük sodyumlu peynir üretimi için HPP işleminin kullanıldığı birkaç çalışma bulunmaktadır. HPP uygulaması peynirdeki su ve tuz dağılımını değiştirmektedir. Ancak, HPP'nin uygulama koşulları da (sıcaklık, zaman ve basınç seviyesi) elde edilen sonucu etkilemektedir. Bir çalışmada, 4 farklı tuz seviyesinde (%5.3 (kontrol), %2.5, 1.9 ve 0.2 NaCl) Çedar peynirleri hazırlanmış ve peynirlere yüksek basınç (405 MPa/3 dakika) uygulanmıştır. Yüksek basınca maruz bırakılan ve bırakılmayan peynirlerin (aynı tuz seviyesinde) benzer duyusal profile (ekşi, tuzlu ve acı tat açısından) sahip olduğu görülmüştür [71].

Tuzun Fiziksel Formunun Değiştirilmesi Ya Da Duyusal Kontrast Yaratılması

Tuz partikülünün büyüklüğü ve şekli tuzluluk algısını etkileyen diğer parametrelerdir. Küçük ve yüzey alanı geniş tuz molekülleri gıda matrisinde daha hızlı çözünmektedir ve bu durum tuzluluk algısını artmaktadır [72] ayrıca gıdanın farklı katmanlarına değişen konsantrasyonlarda tuz uygulayarak üründe hissedilen tuzluluk algısını negatif olarak etkilemeden NaCl seviyesini azaltmak mümkündür [73].

Hamur ürünlerinin farklı katmanlarına farklı seviyelerde tuz eklemek (duyusal kontrast) ürünün tuzluluğunu etkilemeden sodyum seviyesini azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Öte yandan, tuz çözünmeye ve yüksek konsantrasyondaki bölgeden düşük konsantrasyondaki bölgeye nüfuz etmeye yatkınlık göstermektedir. Bu nedenle, tuzun çözünürlüğünü azaltmak için

enkapsülasyon yöntemi uygulanabilmektedir. Milföy ve pizza hamurunun hazırlanması aşamasında bazı değişiklikler yaparak hamurun tadını ve makinede işlenebilirliğini etkilemeden tuz içeriğinin azaltılması üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, tuz tanelerine enkapsülasyon işlemi uygulanmış ve laminasyon prosesi sırasında tanelerin hamur üzerinde homojen şekilde dağılması sağlanmıştır. 5 farklı hamur formülasyonu (A-karıştırma işlemi sırasında %2.1 tuz eklenen örnek (kontrol), B-tuzun (%2.1) hamurun iki katmanının ortasında yer aldığı örnek, C-wax B ile enkapsüle edilen tuz (%2.1) kullanılan örnek, D-karıştırma işlemi sırasında %1.5 tuz eklenen örnek (kontrol göre %30 daha az tuz içerir) ve E-karıştırma işlemi sırasında %1.05 tuz eklenen örnek (kontrol göre %50 daha az tuz içerir) hazırlanıp duyusal analiz uygulanmıştır. Panelistlere göre B ve C hamuru kontrol olarak hazırlanan A hamurundan daha tuzlu bulunmuştur. Bu durum, test edilen teknolojik yaklaşımlarla tuz algısının artırılabilirliğini göstermektedir. Ayrıca, tuz miktarı %25 azaldığında hamurun reolojik özelliklerinde (yapışkanlık, glutenin elastikiyetinde ve direncinde) istenmeyen bir etki oluşmadığı saptanmıştır [74].

Sodyum miktarının azaltılmasına olanak tanıyan bir diğer yöntem ise tuzun emülsiyon içinde enkapsülasyonudur [75]. Standart tuz kristalleri ve değişen partikül boyutlarında (500 µm, 1000 µm ve 2000 µm) enkapsüle tuz kristalleri kullanılarak farklı ekmek hamurları hazırlanmıştır. 1000-2000 µm boyutlarındaki enkapsüle tuz kristallerini kullanmak ekmekte tat kontrastları oluşturmuş ve ürünün tuzluluğunu artırmıştır. Bu sayede, ekmeğin lezzetini etkilemeden tuz miktarı %50 oranında azaltılabilmektedir. Enkapsüle edilen tuz kristallerinin boyutunun tuzluluk artışının büyüklüğünü etkilediği görülmüştür. Küçük boyuttaki enkapsüle tuzlar tuzluluk tadını çok fazla artırmazken büyük boyuttaki enkapsüle tuzlar tuzluluğu önemli şekilde artırmıştır. Bu nedenle, ekmeğin tuzluluğunu ve tüketicilerin beğenisini koruyarak maksimum sodyum azaltımı elde etmek için enkapsüle edilen tuz kristallerinin boyutlarının da optimize edilmesi gerektiği sunucuna varılmıştır. %1 büyük boyutta (2000 µm) enkapsüle tuz ile hazırlanan ekmeklerin %2 normal boyutta tuz ile hazırlanan ekmeklere oranla daha tuzlu olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre duyusal kontrast oluşturmak tat algısını modüle eden bir teknoloji ve tüketici beğenisini ve tuzluluğu koruyarak sodyum seviyesi azaltılmış ekmek üretmek için uygulanabilecek bir strateji olarak değerlendirilmektedir [73].

Emorine ve ark. [76] tarafından sıcak servis edilen iki tip atıştırmalıkta (iki ve dört katmanlı) heterojen tuz dağılımı yapmanın tuzluluk algısına ve tüketici kabul edilebilirliğine olan etkisinin incelendiği bir çalışma yapılmıştır. İki katmanlı atıştırmalıklarda, tam faktöriyel tasarıma göre krem ve tahıl bazlı katmanlara farklı tuz seviyeleri (%0, 0.3 ve 1 (w/w)) eklenmiştir. 4 katmanlı (krem bazlı) hazırlanan atıştırmalıkların hepsi toplamda %8 tuz içerirse de tuz dağılımı belirlenen modellere göre (1 homojen ve 3 farklı heterojen dağılım) çeşitlilik göstermiştir. Tüketici panelleri her ürünün tuz

yoğunluğunu değerlendirmiştir. Her iki atıştırmalıkta, heterojen tuz dağılımına sahip örneklerde önemli bir tuzluluk artışı gözlenmiştir. İki katmanlı ürünlerde, tuz algısının krem bazlı tabakadaki tuz konsantrasyonundan daha fazla etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, dört tabakalı ürünlerde tuz algısının artması için tuz konsantrasyonları arasında büyük bir kontrast yaratılması gerektiği görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları, gıdalarda heterojen tuz dağılımı yapmanın ürünün tadını bozmadan sodyum azaltımı sağlamak için güçlü bir strateji olduğunu göstermiştir [76].

ABD'de pizza sodyum kaynağı sıralamasında 3. sırada yer almaktadır çünkü pizzanın sadece üst malzemesi değil pizza hamuru da önemli miktarda sodyum içermektedir. Mueller ve ark. (2016) yaptığı bir araştırmada, 6 farklı yöntem kullanarak pizza hamurları hazırlanmış ve ürünlerin duyuşsal özellikleri panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Çalışmada, NaCl'nin %30'u yerine KCl kullanıldığı zaman hamurun tuzluluğunda bir azalma olmadığı görülmüştür. İri taneli tuz kristallerinin (0.4-1.4 mm) karıştırma işleminin bitmesine 30 saniye kala eklenmesi ya da sulu tuz solüsyonun hamurun bir yüzeyine spre edilmesi pizza hamurunun tuzluluğunu artırmıştır. Bu iki strateji yardımıyla, hamurun lezzetini değiştirmeden %25 oranında tuz azaltımı yapılabileceği saptanmıştır [77].

SONUÇ

İnsan vücudunun fonksiyonlarını düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için belli seviyelerde sodyuma ihtiyacı vardır ve insanların diyetle aldıkları sodyumun temel kaynağı sofraya tuzdur. Ancak günümüzde sodyum alım miktarı ihtiyacın çok üzerindedir ve bu durum çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Bu nedenle, araştırma kurumları ve gıda endüstrisiyle ortaklaşa çalışmalar yaparak gıdaların sodyum seviyesinin düşürülmesi için farklı stratejiler geliştirmiştir. Bu stratejilerin hedefine ulaşabilmesi için endüstriyel boyutta gıdalara uygulanabilir olması ve ürünlerin kalite özelliklerine zarar vermemesi gerekmektedir. Literatürde, sodyum azaltma tekniklerinin uygulandığı birçok çalışma yapılmış ve bu denemelerden bazılarının sonuçları bu derlemede sunulmuştur. Çalışmalardan da görüldüğü gibi farklı yöntemler kullanılarak ürünlerin kalite özelliklerini ve lezzetini negatif olarak etkilemeden NaCl seviyesini azaltmak mümkün olabilmektedir. Özellikle, ülkemiz gibi tuz tüketim miktarı yüksek olan toplumlarda bu tür önlemler almak hem halk sağlığını iyileştirmek hem de sağlık harcamalarına giden milyarlarca liranın tasarruf edilmesi anlamına gelmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim, (2010). Global status report on noncommunicable diseases 2010. WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [2] Anonim, (2012). Guideline: sodium intake for adults and children. WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [3] He, F.J., Macgregor, G.A. (2012). Salt intake, plasma sodium, and worldwide salt reduction. *Annals of Medicine*, 44, 127-137.

- [4] Erdem, Y., Akpolat, T., Derici, Ü., Şengül, Ş., Ertürk, Ş., Ulusoy, Ş., Arıcı, M. (2017). Dietary sources of high sodium intake in Turkey: SALTURK II. *Nutrients*, 9(9), 933.
- [5] Sung Kyu Ha, M.D. (2014). Dietary salt intake and hypertension. *Electrolyte Blood Press*, 12(1), 7-18.
- [6] MacGregor, G.A., de Wardener, H.E. (1998). Salt, diet and health: Neptune's poisoned chalice; the origin of high blood pressure. Cambridge: Cambridge University Press, New York.
- [7] Kurlansky, M. (2002). Salt: a world history. Walker Publishing, New York.
- [8] Akbulut, U. (2013). Tuz, Geçmişte Altın Kadar Değerliydi. <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2013/07/tuz.pdf> (Erişim tarihi: 22.01.2018)
- [9] He, F.J., Macgregor, G.A. (2007). Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. In Reducing salt in foods, Edited by D. Kilcast, F., Angus, F., Cambridge CB21 6AH, England, 18-53.
- [10] Gillette, M. (1985). Flavor effects of sodium chloride. *Food Technology*, 39(6), 47-52.
- [11] James, W.P., Ralph, A., Sanchez-Castillo C.P. (1987). The dominance of salt in manufactured food in the sodium intake of affluent societies, *Lancet*, 1(8530), 426-429.
- [12] Nestle, M. (2002). Food politics-how the food industry influences nutrition and health. University of California Press, London, England.
- [13] Inguglia, E.S., Zhang, Z., Tiwari, B.K., Kerry, J.P., Burgess, C.M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 70-78.
- [14] Breslin, P.A.S., Beauchamp, G.K. (1997). Salt enhances flavour by suppressing bitterness. *Nature*, 387, 563.
- [15] USDA (2018). USDA national nutrient database. Nutrient Data Laboratory Home Page. United States Department of Agriculture. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (Erişim Tarihi: 02.01.2018).
- [16] Anonim, (2007). Reducing salt intake in populations: report of a WHO forum and technical meeting, WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [17] Szybiński, Z., Jarosz, M., Hubalewska-Dydejczyk, A., Stolarz-Skrzypek, K., Kawecka-Jaszcz, K., Traczyk I., Staś, K. (2010). Iodine-deficiency prophylaxis and the restriction of salt consumption-a 21st century challenge, *Endokrynologia Polska*, 61(1), 135-140.
- [18] Zandstra, E.H., Lion, R., Newson, R.S. (2016). Salt reduction: Moving from consumer awareness to action. *Food Quality and Preference*, 48, 376-381.
- [19] Webster, J.L., Dunford, E.K., Hawkes, C., Neal, B.C. (2011). Salt reduction initiatives around the world. *Journal of Hypertension*, 29, 1043-1050.
- [20] Brandsma, I. (2006). Reducing sodium-a European perspective. *Food Technology*, 60(3), 24-29.
- [21] European Commission Directorate-General Health and Consumers, 2013. Survey on members states' implementation of the EU salt reduction framework, https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition_physical_activity/docs/salt_report1_en.pdf.

- [22] Brown, I.J., Tzoulaki, I., Candeias, V., Elliott, P. (2009). Salt intakes around the world: implications for public health. *International Journal of Epidemiology*, 38(3), 791–813.
- [23] Trieu, K., McMahon, E., Santos, J.A., Bauman, A., Jolly, K.A., Bolam, B., Webster, J. (2017). Review of behaviour change interventions to reduce population salt intake. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 17.
- [24] Erdem, Y. (2016). Tuz Tüketimi, Vücuttaki dağılımı ve hipertansiyon patogenezindeki yeri. HT Bülteni, Yıl:3 Sayı:5.
- [25] Hizmetleri, T.S.B.T.S., Beslenme, G.M., Başkanlığı, F.A.D. (2017). Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2017-2021. *Baskı. Ankara, Deniz Matbaacılık*.
- [26] Chandrashekar, J., Hoon, M., Ryba, N., Zuker, C. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 444(7117), 288-294.
- [27] Batu, A. (2017). Moleküler gastronomi bakış açısıyla gıdaların tat ve aroma algıları. *Aydın Gastronomy*, 1(1), 25-36.
- [28] Anttia, 2016. Brainweb: Exploring the brain. <https://blogs.aalto.fi/brainweb/author/anttia/> (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [29] Janssen, S., Depoortere, I. (2013). Nutrient sensing in the gut: new roads to therapeutics? *Trends in endocrinology and metabolism*, 24(2), 92-100.
- [30] Cuenca, L. (2013). The Bittersweet Truth of Sweet and Bitter Taste Receptors. <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2013/the-bittersweet-truth-of-sweet-and-bitter-taste-receptors/> (Erişim Tarihi: 26.02.2018).
- [31] Karadeniz, F. (2000). Lezzet algılama mekanizması. *Gıda*, 25(5), 317-324.
- [32] Anonim, (2011). Human physiology/senses. https://en.wikibooks.org/wiki/Human_Physiology/Senses (Erişim Tarihi: 20.02.2018).
- [33] Liem, D.G., Miremadi, F., Keast, R. (2011). Reducing sodium in foods: the effect on flavor. *Nutrients*, 3(6), 694-711.
- [34] McMahon, K.A. (1999). What is the role of salt in taste? In "Tested Studies for Laboratory Teaching". Volume 20 (S.J. Karcher, Editor). Proceedings of the 20th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), pp. 387-389.
- [35] van der Klaauw, N.J., Smith, D.V. (1995). Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts. *Physiology & Behavior*, 58(2), 295–306.
- [36] Kilcast, D., den Ridder, C. (2007). Sensory issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 201-220.
- [37] Man, CMD. (2007). Technological functions of salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 157-173.
- [38] Keast, R., Breslin, P. (2002). Modifying the bitterness of selected oral pharmaceuticals with cation and anion series of salts. *Pharmaceutical Research*, 19, 1019–1026.
- [39] Keast, R., Breslin, P. (2003). An overview of binary taste-taste interactions. *Food Quality Preference*, 14, 111–124.
- [40] Dotsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tareilus, E., Mueller, R., Meijer, G. (2009). Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 49: 841–851.
- [41] Doyle, M.E., Glass, K.A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 44-56.
- [42] Cauvain, S.P. (2007). Reduced salt in bread and other baked products. In *Reducing salt in foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus, F., Cambridge CB21 6AH, England, 283-295.
- [43] Danno, G., Hosney, R.C. (1982). Effect of sodium chloride and sodium dodecyl sulfate on mixograph properties. *Cereal Chemistry*, 59(3), 202-204.
- [44] Wang, G. (2008). Effects of sodium chloride on noodle quality. *Journal of the Chinese Cereals & Oils Association*, 23(6), 184-187.
- [45] Keever, B.D. (2011). Salt concentration and species affects protein extractability and processed meat characteristics, University of Illinois at Urbana-Champaign, Yüksek Lisans Tezi, Urbana.
- [46] Guinee, T.P., Fox, P.F. (2004). Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP, editors. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology*, 3rd edn. London: Elsevier Academic Press.
- [47] Guinee, T.P., O'Kennedy, B.T. (2007). Reducing salt in cheese and dairy spreads. In: Kilcrest D, Angus F, editors. *Reducing salt in foods*. Cambridge, England: Woodhead Publishing limited.
- [48] İrkin, R., 2017. Farklı tuz konsantrasyonlarının beyaz peynirlerdeki starter kültür bakterilerinin canlılıklarına etkisi. *Akademik Gıda*, 15(3), 308-314.
- [49] Shu, L., Obagbemi, I.J., Liyanaarachchi, S., Navaratna, D., Parthasarathy, R., Aim, R.B., Jegatheesan, V. (2016). Why does pH increase with CaCl₂ as draw solution during forward osmosis filtration? *Process Safety and Environmental Protection*, 104, 465-471.
- [50] Betts, G., Everis, L., Betts, R. (2007). Microbial issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 174-200.
- [51] Durack, E., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M.G. (2008). Salt: A review of its role in food science and public health. *Current Nutrition & Food Science*, 4(4), 290-297.
- [52] Leistner, L., Gorris, L.G.M. (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends Food Science Technology*, 6, 41-44.
- [53] Israr, T., Rakha, A., Sohail, M., Rashid, S., Shedzad, A. (2016). Salt reduction in baked products: strategies and constraints. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 98-105.

- [54] Ekmekçi, M. (2012). Tuzu Azaltılmış Pastırma Üretiminde Potasyum Klorür ve Kalsiyum Klorür Kullanımının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 77.
- [55] Doyle, M.E. (2008). Sodium reduction and its effects on food safety, food quality, and human health. *FRI BRIEFINGS*, 1-12.
- [56] Antúnez, L., Giménez, A., Ares, G. (2016). A consumer-based approach to salt reduction: Case study with bread. *Food Research International*, 90, 66-72.
- [57] Bobowski, N., Rendahl, A., Vickers, Z. (2015). A longitudinal comparison of two salt reduction strategies: acceptability of a low sodium food depends on the consumer. *Food Quality and Preference*, 40, 270-278.
- [58] Brinsden, H.C., He, F.J., Jenner, K.H., MacGregor, G.A. (2013). Surveys of the salt content in UK bread: progress made and further reductions possible. *BMJ open*, 3(6).
- [59] Karanja, N., Lancaster, K.J., Vollmer, W.M., Lin, P.H., Most, M.M., Ard, J.D. (2007). Acceptability of sodium-reduced research diets, including the dietary approaches to stop hypertension diet, among adults with prehypertension and stage 1 hypertension. *Journal of the American Dietetic Association*, 107, 1530-1538.
- [60] Şimşek, D. (2016). Sucuk üretiminde farklı klorür tuzlarının kullanım imkanları. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 78.
- [61] Lee, G.H. (2011). A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. *Food Research International*, 44, 537-543.
- [62] Leong, J., Kasamatsu, C., Ong, E., Hoi, J.T., Loong, M.N. (2015). A study on sensory properties of sodium reduction and replacement in Asian food using difference-from-control test. *Food Science & Nutrition*, 4(3), 469-478.
- [63] Guerrero, A., Kwon, S.S.Y., Vadehra, D.V. (1995). Compositions to enhanced taste of salt used in reduced amounts. US Patent 5711985: United States.
- [64] Waimaleongora-Ek, P. (2006). Sensory characteristics of salt substitute containing L-arginine. LSU Master's Theses. 762. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/762
- [65] Kremer, S., Mojet, J., Shimojo, R. (2009). Salt reduction in foods using naturally brewed soy sauce. *Journal of Food Science*, 74, 255-262.
- [66] Charlton, K.E., Macgregor, E., Vorster, N., Levitt, N.S., Steyn, K. (2007). Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium and calcium salts in brown bread. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1-14.
- [67] Cruz, A.G., Faria, J.A.F., Saad, S.M.I., Bolini, H.M.A., Sant'Ana, A.S., Cristianini, M. (2010). High pressure processing and pulsed electric fields: potential use in probiotic dairy foods processing. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 483-493.
- [68] Clariana, M., Guerrero, L., Sárraga, C., Díaz, I., Valero, A., García-Regueiro, J.A. (2011). Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 456-465.
- [69] Alarcon-Rojo, A.D., Janacua, H., Rodriguez, J.C., Paniwnyk, L., Mason, T.J. (2015). Power ultrasound in meat processing. *Meat Science* 107: 86-93.
- [70] Tamm, A., Bolumar, T., Bajovic, B., Toepfl, S. (2016). Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 294-302.
- [71] Ozturk, M., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E., Lucey, J.A. (2013). The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 33(2), 175-183.
- [72] Cargill Salt, (2001). Wow-alberger brand salt. Product Brochure.
- [73] Noort, M., Bult, J., Stieger, M. (2012). Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. *Journal of Cereal Science*, 55, 218-225.
- [74] Diler, G., Le-Bail, A., Chevallier, S. (2016). Salt reduction in sheeted dough: A successful technological approach. *Food Research International*, 88, 10-15.
- [75] Yaparel, C. (2016). Sodyumu azaltılmış mahlepli (*Prunus mahaleb* L.) buğday ekmeği üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- [76] Emorine, M., Septier, C., Thomas-Danguin, T., Salles, C. (2013). Heterogeneous salt distribution in hot snacks enhances saltiness without loss of acceptability. *Food Research International* 51: 641-647.
- [77] Mueller, E., Koehler, P., Scherf, K.A. (2016). Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. *Food Chemistry*, 192, 1116-1123.