

## GIDA KATKI MADDESİ OLARAK FOSFATLAR

### PHOSPHATES AS FOOD ADDITIVES

Songül ÇAKMAKÇI

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü - ERZURUM

**ÖZET:** Fosfatların besleyici değerinden çok, gıda katkı maddesi olarak önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Bu derlemede fosfatların sınıflandırılması, kimyasal özellikleri, çeşitli gıdalarda kullanımı ve fonksiyonları hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

**SUMMARY:** Phosphates have important functions not only as a nutritional value but also as food additives. Here, classification of phosphates, their chemical properties and their use and functions in various food staff were reviewed in detail.

### GİRİŞ

Fosfatlar, fosforik asidin ( $H_3PO_4$ ) çeşitli tuzlarıdır. Fosfor bütün canlılarda bulunan bir mineral olup, hem beslenme hem de vücudun diğer fonksiyonları açısından önemlidir. Ancak, canlıların hiçbiri fosfat anyonunu sentezleme kabiliyetine sahip olmadığından, insanların bunu dışarıdan gıdalar yolu ile almaları gerekmektedir. Çeşitli gıdaların fosfor içeriği Çizelge 1'de verilmiştir (ELLINGER, 1972).

Fosfatların besleyici değerinden ziyade, gıda katkı maddesi olarak aşağıda belirtilen çeşitli fonksiyonları bulunmaktadır (ELLINGER, 1972; SALDAMLİ, 1985; ANON., 1990; DZIEZAK, 1990; ERTAŞ 1992):

1. Metal iyonları ile kompleks oluşturarak kelat görevini üstlenirler.
2. pH stabilizasyonu için kullanılabilirler. Yani gıdalarda tampon görevi yaparlar.
3. Emülsiyon yapının stabilizasyonunu sağlarlar.
4. Bazı fosfatların su bağlama özelliği olduğundan dolayı, birçok gıda ürünüde su tutma, suyu çekme amacıyla kullanılabilirler.
5. Bazı fosfatlar toz ve kuru karışım halindeki gıdalarda topaklaşmayı önleyici maddeler olarak kullanılmaktadırlar.
6. Fosforik asit veya asidik tuzları gıda endüstrisinde asitlendirici olarak kullanılmaktadır.
7. Alkali karakterdeki fosfat tuzları, gıda endüstrisinde ortamı alkaliye çevirmek ve pH'yı yükseltmek amacıyla kullanılabilirler.
8. Antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden dolayı gıdaları koruyucu özellikleri de bulunmaktadır.

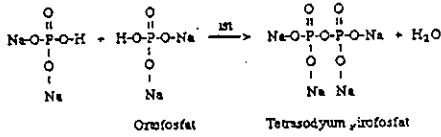
Genel olarak fosfatlar; et, kümes hayvanları, deniz ürünleri, süt ürünleri, hububat ürünleri, meyve ve sebze ürünleri, katı ve sıvı yağlar, alkollü ve alkolsüz içecekleri içerisine alan çeşitli gıdalarda değişik amaçlarla kullanılan önemli gıda katkı maddeleridir. Ayrıca, nişasta endüstrisi, olgunlaştırıcı ve aromatize tuzlar, jöle ve pektin endüstrisi, yumurta ürünleri, şeker teknolojisi gibi alanlarda da kullanılmaktadır (ELLINGER, 1972; SALDAMLİ, 1985; DZIEZAK, 1990). Gıda bileşenlerine ve diğer katkı maddelerine olan kimyasal etkileri ve onlarla yaptığı kimyasal reaksiyonlar nedeniyle fosfatlar, çeşitli gıdalarda su bağlama, renk, aroma, tekstür, koagülasyon, emülsifikasyon, kür işlemi, mikrobiyal gelişme ve işlem teknolojilerine etki etmektedir (KNIPE ve Ark., 1985; BARBUT ve Ark., 1989; ERTAŞ, 1992).

### FOSFATLARIN SINIFLANDIRILMASI

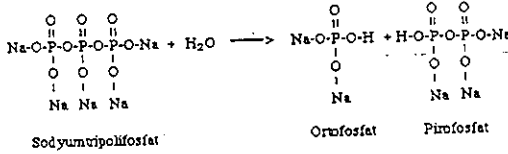
Fosfatlar genel olarak ortofosfatlar ve kondanse fosfatlar olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Ortofosfatlar, bir fosfor atomu ve dört oksijenden ibaret olup gıda endüstrisinde daha büyük ve önemli bir grup oluştururlar (Çizelge 2). Fosfor atomunu çevreleyen oksijen atomları; hidrojen atomu, alkali metal kanyonlar veya hidrojen veya metal kanyon kombinasyonları ile doldurulabilir. Monobazik ortofosfatlar bir alkali metal ve iki hidrojen içerirken, dibazik ortofosfatlar iki metal iyonu ve bir hidrojen; tribazik ortofosfatlar ise, üç metal iyon ile tamamen nötralize edilmiştir.

**Çizelge 1. Bazı Gıdaların Yenilebilir Fosfor İçeriği (ELLINGER, 1972)**

Gıdanın çeşidi	Fosfor içeriği (mg/100g)
Pancar	41 ± 1,1
Havuç	40 ± 1,2
Soğan	33 ± 1,1
Karnabahar	72 ± 2,3
Lahana	30 ± 0,6
Süt	93 ± 0,3
Peynir (Cheddar)	524 ± 18,0
Yumurta	224 ± 1,4
Patates	56 ± 0,8
Elma	11 ± 0,17
Portakal	21 ± 0,5
Şeftali	18 ± 0,55
Portakal Suyu	17 ± 0,4
Mısır (taze)	120 ± 1,8
Yulaf	395 ± 14,9
Beyaz ekmeç	97 ± 2,0
Sığır eti (yağsız)	204 ± 2,5



**Şekil 1. Polifosfatların Üretimi**



**Şekil 2. Polifosfatların Hidrolizi**

Çizelge 2'de bu kategoriye giren bazı fosfatların kimyasal yapısı, pH, çözünürlük ve fonksiyonları verilmiştir.

## FOSFATLARIN İSİMLENDİRİLMESİ

Fosfatlarla çalışmaya başlayan bir araştırmacı bu bileşenlerin çeşitli sistemlere göre sınıflandırıldığını görmüştür. Bu sistemler içinde endüstriyel üretim sistemleri, bilimsel sistem, Codex Alimentarius sistemi ve Gıda Kimya Kodeksi (FCC) sistemi bulunmaktadır (BELL, 1971). Daha da önemlisi, bazı bileşenleri keşfedenler bunlara isim vermekte, diğerleri de ticari isimleriyle bilinmektedir. Bu faktörler, gıda sanayiinde kullanılan 20'nin üzerinde fosfatın üç veya dört farklı isme sahip olduğunu göstermektedir.

Sistemler içinde terminolojinin nasıl farklı olduğunu izah etmek için, örnek olarak  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  kimyasal formülüne sahip, MSP olarak kısaltılabilen ortofosfatı ele alacak olursak; bu bileşik, endüstriyel sistemde "monosodyum fosfat" olarak isimlendirilir ve "mono" tabiri anyon üzerindeki yükü ifade edip, mevcut katyon sayısı ile ilgili değildir (BELL, 1971). Aynı bileşen bilimsel sistemde "monosodyum dihidrojen fosfat" olarak isimlendirilip hem hidrojen, hem de katyon sayısını belirtir. Gıda Kimya Kodeksi

Kondanse fosfatlar, ortofosfat karışımının kontrollü şartlarda yüksek sıcaklıkta ısıtılmasıyla elde edilir ve bunlar iki veya daha fazla fosfor atomundan oluşur. Fosfor atomları ortak bir oksijen atomu ile birbirine bağlıdır (Şekil 1). Bu tip fosfatlar düz zincir formunda olup bunlar polifosfatlar olarak isimlendirilirler. Metafosfat terimi de bunları ifade eder.

Polifosfatlar içinde pirofosfatlar en basitleri olup iki fosfora sahiptir. Tripolifosfatlar üç, diğerleri de dört ve daha fazla fosfor atomlu uzun zincirli polifosfatlardır. Bunlar amorf materyaller olup genel olarak camsı polifosfatlar olarak isimlendirilirler. Uzun zincirli polifosfatların diğer bir ayrıcalığı da bunların kompozisyonudur. Bunlar saf bileşenler olmayıp farklı zincir uzunluğunda birçok polifosfatın karışımından ibarettir (ELLINGER, 1972; DZIEZAK, 1990). Zamanla polifosfatlar hidrolize uğrayarak, çoğunlukla ortofosfatlar, pirofosfatlar ve tripolifosfatlar olmak üzere çeşitli ürünler verirler (ELLINGER, 1972) (Şekil 2).

Gıda sanayiinde sınırlı kullanım alanı bulan fosfatlar metafosfatlardır. Bunlar saf kristal bileşenler olup 6 veya 8 üyeli halka şeklindedir. Halen iki metafosfat mevcut olup, bunlar sodyum trimetafosfat ve sodyum tetrametafosfatdır. Fosfatların diğer bir grubu da ultrafosfatlar olup, bunlar yapısal olarak dallanmış zincirler veya halkalar ya da zincirlerin ve halkaların kombinasyonları şeklindedir. Bu bileşenler ticari olarak çok sınırlı kullanım alanına sahiptir. Bunlar son zamanlarda bir fosfat ürünü içine bir bileşen olarak dahil edilmişlerdir (DZIEZAK, 1990)

sisteminde, bileşikler katyon ve anyon komponentlerine ve asitliğine göre isimlendirilir ve bu bileşiğe "sodyum fosfat monobazik" ismi verilir. Codex Alimentarius (FAO/WHO, 1984) tarafından yapılan isimlendirmede anyon ve katyon sayısı verilmektedir "monosodyum monofosfat" gibi. Bazı Avrupa literatüründe MSP, "sodyum bifosfat" olarak isimlendirilir. Çok karıştırılan meta fosfatlara örnek olarak sodyum heksametafosfat (SHMP) verilebilir. Graham tuzu olarak da bilinen bu bileşik metafosfat veya heksamer olmayıp, 10-15 ortofosfattan ibaret camsı bir bileşiktir. Bu bileşik, 1800 yıllarında ilk defa hazırlandığında, siklik bir yapıda olduğu zannedildiğinden ve yapısını o zaman için analiz etmek mümkün olmadığından yanlışlıkla metafosfat olarak isimlendirilmiştir. Bu yanlış isimlendirme bugün de kullanılmaya devam etmektedir (DZIEZAK, 1990).

Yukarıda özetlenen nedenlerle gerçekten hangi fosfatın alınmak istendiğini tam anlamak için kontrol etmek ve uzmanlara danışmak, üzerinde önemle durulması gereken bir husustur.

## FOSFATLARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE FONKSİYONLARI

*Tamponlama ve pH kontrolü:* Asidik veya bazik bileşiklerin ilave edilmesinden sonra pH'nın sabit bir değerde kalmasını sağlama kabiliyetine tamponlama denilir.

Mono ve disodyum fosfatlar gibi ortofosfatlar ve sodyum asit pirofosfat gibi pirofosfatlar pH'nın 2,0-3,0; 5,5-7,5 ve 10,0-12,0 aralıklarında çok iyi tamponlama kapasitesine sahiptir (DZIEZAK, 1990). Uzun zincirli polifosfatlar genellikle zayıf tamponlayıcı olup bunların tamponlama kapasitesi zincir uzunluğu arttıkça azalmaktadır (DZIEZAK, 1990; ERTAŞ, 1992).

Fosfatlar aynı zamanda pH'yı optimum seviyeye indirme veya yükseltme için de kullanılabilir. Hem monosodyum fosfat, monoamonyum fosfat ve sodyum asit pirofosfat gibi asidik fosfatlar, hem de di ve trisodyum fosfat, sodyum trifosfat ve tetrasodyum pirofosfat gibi alkali fosfatlar bu amaçla birçok gıdada yaygın olarak kullanılmaktadır (DZIEZAK, 1990).

*Metal iyonların inaktivasyonu:* Kalsiyum, magnezyum, bakır ve demir gıdada kimyasal reaksiyonları hızlandırmakta veya reaksiyona girerek renk ve aroma bozulmasına sebep olmaktadır. Fosfatlar, bu iyonları daha önce bağlayarak inaktive etmektedir.

Fosfatlar metal katyonları bağlayarak çözünen bir kompleks meydana getirir ve böylece metal, gıda sistemi içinde kalsa bile gıda işlem reaksiyonlarına etki edemez. Kalsiyum ve magnezyum gibi metal katyonları, SHMP gibi polifosfatlar tarafından en iyi bağlanan metallerdir. pH yükseldikçe bunların kompleks oluşturma etkinliği yükselir (ELLINGER, 1972; ERTAŞ, 1992). Demir ve bakır gibi ağır metaller, sodyumtripolifosfat ve sodyumpirofosfat gibi kısa zincirli polifosfatlar tarafından çok etkili olarak tutulurlar. Bunların metal iyon bağlama etkinliği, pH yükseldikçe azalır (ELLINGER, 1972, STEINHAUER, 1983). Ortofosfatlar sadece düşük konsantrasyonlarda çözünür kompleks oluştururlar.

Fosfatların iyon bağlayıcı olarak kullanılmalarına bir örnek olarak narenciye ve elma pulpundan pektin ekstrakte ederken fosfat kullanılması verilebilir. Bu işlemde fosfat kalsiyumu bağlayarak pektin üretimini düzeltir (DZIEZAK, 1990).

Fosfatlar beslenmede de rol oynar. Fosfatlar, kalsiyum, demir ve magnezyum ile stabil kompleks oluşturup bunların ince barsak duvarlarından absorbe olmasını ve vücut tarafından kullanılmasını sağlar. Bu fosfatlar, mikrobiyal gelişme için esansiyel olan üç minerali-kalsiyum, magnezyum ve demiri-bağladığından dolayı, gıdaları bozan bazı mikroorganizmaların gelişmesini inhibe ederler. Fosfatların metal ile kompleks oluşturma yeteneğinin diğer kullanım alanları da, gıda işleme prosesinde kullanılan sulara uygulanan işlemi içerir. Ayrıca fosfatlar, bira veya şarapların bulanıklığını önlemede, karbonatlı içeceklerde karbonatlama kaybını önlemede kullanılır (DZIEZAK, 1990).

*Polivalent ve polielektrolit özelliği:* Fosfatlar birden fazla negatif yüke sahip olduklarından çözelti içinde polivalent anyonlar olarak bulunurlar. Ortofosfatlar, pH'ya da bağlı olarak üçe kadar negatif yüke sahip olabilirler. Polifosfatlar daha da fazla anyonik olabilirler. Bunların oldukça yüksek yüklü tabiatının bir sonucu olarak, polifosfatlar çeşitli gıda bileşenleri ile karşılıklı etkileşerek birçok faydalı etki meydana getirebilirler. Örneğin, bunlar bazı maddelerin yüzeyine sorbe olarak, dispersiyon, emülsifikasyon veya bileşenlerin suspansiyonu gibi fonksiyonlar sağlarlar.

Çizelge 2. Çeşitli Fosfatların Sınıflandırılması, Formül, pH, Çözünürlük ve Fonksiyonları

Fosfat Sınıfı	Temel Yapı <sup>a</sup>	Fosfat İsmi	Genel Formülü	pH (% 1'lik çözeltisi)	25°C'ta erime kabiliyeti (g/100 g su)	Fonksiyonları
Ortofosfatlar	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{MO} \cdot \text{P} \cdot \text{OM} \\   \\ \text{OM} \end{array}$	Monosodyum fosfat	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$	4,6	87	Emülsifier, buffer
		Disodyum fosfat	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	9,2	12	Emülsifier, buffer
		Disodyum fosfat dihidrat	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	9,1	15	Emülsifier, buffer
		Trisodyum fosfat	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	11,8	14	Emülsifier, buffer
		Monopotasyum fosfat	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	4,6	25	Etlerde su tutma
		Dipotasyum fosfat	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	9,3	168	Emülsifier, buffer
		Tripotasyum fosfat	$\text{K}_3\text{PO}_4$	11,9	117	Emülsifier, buffer
Kondanse veya pirofosfatlar	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{MO} \cdot \text{P} \cdot \text{O} \cdot \text{P} \cdot \text{OM} \\   \quad   \\ \text{OM} \quad \text{OM} \end{array}$	Monokalsiyum fosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3,8	-	Eğileştirici, kabartıcı bir asit hamuru daha uygun duruma getirme, maya gıdası.
		Sodyum asit pirofosfat	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	4,3	15	Emülsifier, buffer, sekestrant, etlerde su bağlayıcı ajan
Pirofosfatlar	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{MO} \cdot \text{P} \cdot \text{O} \cdot \text{P} \cdot \text{OM} \\   \quad   \\ \text{OM} \quad \text{OM} \end{array}$	Tetrasodyum pirofosfat	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	10,3	8	Topaklanmayı önleyici, pıhtılaştırıcı, konserve ton balığında kristalizasyon önleyici
		Tetrapotasyum pirofosfat	$\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$	10,5	187	Emülsifier, etlerde su bağlayıcı ajan, süspansiyon ajanı
Tripolifosfatlar	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ \text{MO} \cdot \text{P} \cdot \text{O} \cdot \text{P} \cdot \text{O} \cdot \text{P} \cdot \text{OM} \\   \quad   \quad   \\ \text{MO} \quad \text{MO} \quad \text{OM} \end{array}$	Sodyum tripolifosfat	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	9,9	13	Emülsifier, etlerde su bağlayıcı
		Potasyum tripolifosfat	$\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	9,6	193	Emülsifier, etlerde su bağlayıcı
Uzun zincirli Polifosfatlar	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ \text{MO} \cdot \text{P} \cdot \text{O} \cdot (\text{O} \cdot \text{P} \cdot \text{O})_n \cdot \text{P} \cdot \text{OM} \\   \quad   \quad   \\ \text{MO} \quad \text{MO} \quad \text{OM} \end{array}$	Sodyum polifosfatlar, camsi veya granül tane.	$(\text{NaPO}_3)_n \cdot \text{Na}_2\text{O}$	7,7	40 <sup>a</sup>	Sekestrant, emülsifier, etlerde su bağlama ajanı, süspansiyon ajanı
		Sodyum heptametafosfat (ortalama 13 zincir uzunluğu)	$(\text{NaPO}_3)_7 \cdot \text{Na}_2\text{O}$	6,9	40 <sup>b</sup>	Sekestrant, emülsifier, etlerde su bağlama ajanı, süspansiyon ajanı
			$(\text{NaPO}_3)_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$	6,3	40 <sup>c</sup>	Sekestrant, emülsifier, etlerde su bağlama ajanı, süspansiyon ajanı
Metafosfatlar (Sıklık polifosfatlar)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \cdot \text{P} \cdot \text{O} \cdot \text{P} \cdot \text{O} \\   \quad   \\ \text{OM} \quad \text{OM} \end{array}$	Sodyum trimetafosfat	$(\text{NaPO}_3)_3$	6,7	23	
		Sodyum tetrametafosfat	$(\text{NaPO}_3)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	6,2	18	a) M: Bir metal iyonu veya hidrojen iyonu yerine b) Çözünürlük % 40'dan daha fazladır. Ancak kullanım ve uygulama kolaylığı için tavsiye edilen doz.

Polielektrolitik bir ortamda polifosfatların kendilerini protein gibi daha büyük moleküllerin pozitif yüklü kısımlarına bağlayarak, proteinlerin su tutma kapasitesini artırma ve jel oluşturma özelliğini yükseltme (proteinlerin çözünürlüğünü artırarak), köpürme özelliğini düzeltme gibi özellikleri de vardır. Polifosfatların zincir uzunluğu arttıkça polielektrolit özelliği de yükselir (ELLINGER, 1972; DZIEZAK, 1990).

## FOSFATLARIN ÇEŞİTLİ GIDALARDA KULLANIMI

**Et Ürünleri:** ABD'de fosfatların et endüstrisinde kullanılmasında, bazı tüketici gruplarının gıda ürünlerinde sodyum miktarının azaltılması için yaptıkları baskı ve kanunlardaki son düzenlemeler önemli rol oynamıştır (TROUT ve SCHMIDT, 1983; SOFOS, 1986; KIJOWSKI ve MAST, 1988). Ancak, bazı araştırmacılar fosfatların et ürünlerinde tuzun yerine kısmen geçmede çok etkili olabilmesine rağmen yüksek konsantrasyonlarda (% 0,4-0,5) et ürününün tekstürü ve flavoru üzerinde olumsuz etki yaptığını bildirmektedirler (TROUT ve SCHMIDT 1983; ERTAŞ, 1992). İzin verilen maksimum doz (% 0,5) kullanılırsa, kısa dönemde stres ve diyareye, uzun dönemde ise kemik kalsiyum mobilizasyonuna sebep olabileceğine (TROUT ve SCHMIDT, 1983) ancak, muhtemel problemlerin tuz ve fosfat konsantrasyonunun ve tipinin optimizasyonu ile en aza indirilebileceği bildirilmektedir (TROUT ve SCHMIDT, 1983; ERTAŞ, 1992).

Kür edilmiş ve dondurulmuş tüm etlere fosfatların katılmasının başlıca sebebi, kesimden paketlemeye kadar geçen süre içinde tabii suyunu kaybetmesini ve dolayısıyla sert bir yapı kazanmasını kontrol altına almaktır. Fosfat ve tuz kombinasyonu kullanılırsa fosfat, su tutma kapasitesini arttırarak veya etin tabii suyunu ette alkoyarak su kaybını kontrol eder. Fosfatlar bu işi, pH'yı yükselterek, iyonik şiddeti arttırarak ve proteine bağlı olan magnezyum veya kalsiyum ile kompleks oluşturmak suretiyle kasın aktinomyosin proteinlerini ayrıştırma ve böylece hidrasyon için daha fazla su bağlama bölgesi ortaya çıkararak yapar (TROUT ve SCHMIDT, 1983; DZIEZAK, 1990).

Et endüstrisinde kullanılan fosfatlardan sodyumtripolifosfatlar en yaygın olup bunlar tek başına veya kombine olarak kullanılan toplam miktarın % 80'i kadardır (BARBUT ve Ark., 1988). Polifosfatlar ette renk kaybını önler, tekstürü iyileştirir, teknolojiye yardımcı olur, acılaşmayı önleyerek kötü tat ve koku oluşumunu engeller (TROUT ve SCHMIDT, 1983).

% 0,5 fosfat karışımının, frankfurter tipi sosislerde tuz seviyesinin % 3'ten % 1,5'e indirilmesini sağlayabildiği, işleme ve depolama sırasında herhangi bir problemle karşılaşmadığı (CHOI ve Ark., 1987), diyetin, işlenmiş etin % 15 civarında sodyum içerdiği dikkate alınacak olursa bunun önemli bir husus olacağı bildirilmektedir (BARBUT ve Ark., 1988).

Frankfurter (sosis) ve bologna (salam) gibi işlenmiş et ürünlerine % 0,4 civarında polifosfat ilave edilmesi renk oluşumunu hızlandırmakta, emülsiyonu stabilize ederek pişirmede yağın ayrılmasını önlemekte ve küring işlemi için gereken ingrediye miktarının azaltulmasını sağlamaktadır. Bu ürünlerde en fazla kullanılan fosfatlar sodyumasitpirofosfat, sodyumtripolifosfat, sodyumpirofosfat ve tetrapotasyumpirofosfattır.

Son yıllarda, pişirilmiş ve vakum paketlenmiş rostoluk etlerde, fosfatların ısıtma sonrası oluşan kokuyu (warmed-over flavor) -oksitletme kokusu olup etin birkaç saat soğutulmasından sonra ısıtılması sırasında ortaya çıkar- önlediği anlaşılmıştır (MANN ve Ark., 1989).

Çeşitli kırmızı etler, kümes hayvanları etleri ve deniz ürünleri etlerinde polifosfatların kullanımının spesifik yararları şu şekilde özetlenebilir: kür edilmiş et renginin stabilitesinin artması, pişirme sırasında sıvı kaybının azalması, üründe daha iyi sululuk, daha iyi gevreklik, daha iyi tat, pişme süresinin azalması, soğukta muhafazada sızıntı suyunun azalması, protein çözünürlüğünün artışı, pişmiş tat, koku ve renkte stabilite, çözme kaybında azalma (ERTAŞ, 1992).

Et ürünlerinde yaygın olarak kullanılan fosfatlar ve zincir uzunlukları aşağıda verildiği gibidir (TROUT ve SCHMIDT, 1983):

Fosfatlar	Zincir Uzunluğu Aralığı	Fosfatların çoğunun önemli etkilerinden biri de, et pH'sını izoelektrik noktadan yükseltmek ve böylece, su tutma kapasitesini ve bağlamayı arttırmaktır. pH'yı yükseltmesine ilaveten, polifosfatların solüsyonların iyonik gücünü
Tetrasodyumpirofosfat	2	
Sodyumtripolifosfat	3	
Sodyum tetrapolifosfat	4-10	
Sodyumheksametafosfat	10-15	

arttırmadaki yeteneği, su bağlamayı artırmasıyla, pişirme verimini artırmasıyla ve et partiküllerini bağlamasıyla sonuçlanmaktadır. Bütün alkali fosfatlar, hem et pH'sını hem de iyonik gücü önemli ölçüde yükseltirler. Ancak, farklı fosfatlar, aynı pH değerinde olsalar bile, bağlama gücünü farklı derecelerde yükseltirler. Hatta asidik pirofosfat bile, gerek yüksek pH (6,3) gerekse düşük pH (5,7) derecelerinde pişirilmiş et ürünlerinin verimini artırır (TROUT ve SCHMIDT, 1983; ERTAŞ, 1992).

Sodyum asit pirofosfat (SAPP) et işlemede pH'yı düşürerek kür edilmiş et renginin oluşum hızını arttırmak için bir kür hızlandırıcı olarak kullanılabilir (ERTAŞ, 1992).

Fosfatların oksidatif acılaşmayı geciktirici etkileri oksidatif değişkenlerin engellenmesi, prooksidant metal iyonlarının fosfatlar tarafından tutulmasıyla olup, bu da et ürünlerinde renk ve tadın iyileşmesiyle sonuçlanır (ERTAŞ, 1992).

Fosfatların tadı iyileştirmesi, ürünün pişirilmesi sırasında proteinlerin alkonulmasıyla da ilişkili olabilir. Et ürününün tekstürü ve katılığı da fosfatlar tarafından iyileştirilir (ERTAŞ, 1992).

Ayrıca, birçok patent ve araştırma, fosfatların balık, sosis, tavuk eti ve sentetik ortamlarda mikrobiyal gelişmeyi azaltarak raf ömrünü uzattığını göstermektedir. Ancak fosfatların antimikrobiyel aktiviteleri üzerinde birçok karışıklıklar vardır. Zira; her bir çalışmadaki fosfatların zincir uzunluğu, çözünme ve diğer özellikleri, fosfatların pH üzerine etkileri, sistemdeki diğer inhibitörlerin (NaCl, nitrit, sorbat vb.) varlığı veya yokluğu ve düzeyleri, incelenen mikroorganizma çeşitleri ve çevre faktörleri

(depolama şartları, ürün bileşimi ve pH'sı, ısı uygulaması vb.) arasındaki farklılıklar önemlidir. Yani fosfatlar et ürünlerinde spesifik olarak mikrobiyal kontrol amacıyla kullanılmamaktadır. Ancak, et ürünleri formülasyonlarında tuz oranının azaltılması halinde ürünün depolanma süresine etkisi önemli olmaktadır (SOFOS, 1986; ERTAŞ, 1992).

Olgunlaşmış etin emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi, sıcak ve taze ete kıyasla düşüktür. Çünkü et proteinleri izoelektrik noktaya yakındır ve bu nedenle ekstrakte edilemezler. Bu bakımdan emülsiyon oluşturulacak etlere mutlaka bazik fosfatlar katılmalıdır. Sosis ve salam üretiminde hammadde olarak sıcak et kullanıldığı takdirde fosfat ilavesine gerek olmadığı belirtilmektedir. Sosis ve salam üretiminde karşılaşılan birinci problem emülsiyonun kırılabilmesidir. Bu nedenle emülsiyon oluşturulurken bazik polifosfatlar; emülsiyon oluşumu sonunda nişasta katımı sırasında ise asidik polifosfatlar katılarak pH düşürülmeli ve emülsiyonun kırılması önlenmelidir (GÖKALP, 1989).

Yapılan bir araştırmada et emülsiyonlarında kontrole göre fosfat seviyesi arttıkça protein toplulukları kütlelerinin küçüldüğü, emülsiyonun daha homojen bir yapı kazandığı, yağların daha iyi emülsifiye edildiği, emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilite oranı ve emülsiyon viskozitesinin yükseldiği belirlenmiştir (ZORBA, 1990).

ABD Tarım Bakanlığına bağlı Gıda ve İlaç Dairesince pişirme işlemine tabi tutulan emülsiyon ürünlerine inorganik fosfatların doğrudan ilavesinin mümkün olabileceği belirtilmiş ve tavsiye edilmiştir (ANON, 1982).

*Kümes hayvanları etleri:* Et ürünleri gibi kümes hayvanları etlerinin de kabul görebilmesi için iyi bir renk, aroma ve tekstüre sahip olmaları gerekmektedir.

Kümes hayvanları etlerine fosfatlar ilave edilerek damak zevki oluşumuna yardımcı olan faktörler düzeltilebilmektedir. Fosfatlar bu ürünlerde su tutmayı artırır, oksidatif ransiditenin neden olduğu aroma bozukluğunu geciktirir, dondurulmuş etin çözülmesi sırasında su kaybını önler, ürün pişirilirken şirink olayını azaltır (DZIEZAK, 1990).

Kümes hayvanları etlerinin pişirme sırasındaki kayıplarını azaltmak ve su tutma kapasitesinin artırılması için sodyum pirofosfat ve sodyumtripolifosfat geniş çapta kullanılmaktadır (BARBUT ve Ark., 1988).

*Deniz ürünleri:* Deniz ürünleri oksidasyona müsait olduklarından fosfatlar bu ürünlerde kritik bir rol oynayarak oksidasyonu inhibe ederler. Ayrıca, fosfatlar bu ürünlerde daha iyi renk oluşumunu sağlamakta, dondurulmuş etin çözülmesi sonrasında su kaybını ve pişirme kayıplarını azaltmakta ve daha gevrek tekstür oluşumunu sağlamaktadır. Balık ürünlerinde rastlanan bir problem de kimyasal bir bozunma olan struvite oluşumudur (magnezyum amonyum fosfatın kristalleşerek ürünün üzerinde pul pul ve camsı lekeler oluşturması) (SALDAMLİ, 1985; DZIAZEK, 1990). Sağlık açısından zararlı olmamakla birlikte tüketici beğenisi açısından sorun olan bu bozunma, fosfatlar tarafından önlenmektedir (ELLINGER, 1972; DZIEZAK, 1990). Ağırlık hesabına göre % 0,015 magnezyum bu bozunmanın oluşumu için yeterlidir (ELLINGER, 1972). Sodyum asit pirofosfat magnezyum iyonu ile kompleks yaparak struvite oluşumu önlenir.

Deniz ürünlerinde kullanılan diğer fosfatlar ise, sodyum tripolifosfat ve sodyumheksametafosfattır.

Som balığı konservesi üretiminde dondurulmuş balık kullanılması durumunda bir problem de, çözünabilir proteinlerin, pişirme sırasında ayrılan su içinde koagüle olması sonucu görülen bir kusur olan pıhtılaşmadır. Balık % 5 sodyum asitpirofosfat çözeltisine daldırıldığı takdirde bir yıl süreyle pıhtılaşma azalmaktadır (WEKELL ve TEENY, 1988).

Taze ve dondurulmuş, pişmiş veya pişmemiş deniz ürünlerine uygulanan fosfatlar karışım halindedir. Balığa fosfat, daldırma, injeksiyon, spreyleme ve tumbling olmak üzere dört metotla uygulanır. Bu metotların hepsinde de % 8-10 fosfat çözeltisi kullanılır. Kabuklu deniz hayvanları genellikle % 5 fosfat çözeltisine 30 dakika daldırılır (DZIEZAK, 1990).

*Süt ürünleri:* Fosfatlar süt ürünlerinde kullanılan çok önemli katkı maddeleri arasındadır. Genellikle % 5 seviyesinin altında emülsifikasyon, tamponlama, metal tutucu, protein kaagülasyonunun kontrolü ve protein dispersiyonu gibi değişik fonksiyonları vardır (DZIEZAK, 1990).

Doğal peynir (Natural Cheese) olgunlaşırken keskin flavor geliştirir. Ancak, sütte eğer bakteriyofaj varsa, bunlar olgunlaşmayı sağlayan bakterileri öldürebilir. Çünkü bakteriyofaj gelişmek için kalsiyuma ihtiyaç duymaktadır. Disodyum fosfat ve dipotasyum fosfat, üründeki kalsiyumu çöktürmek için kullanılabilir. Böylece starter kültür gelişimini ters etkilemeden bakteriyofaj gelişimi inhibe edilir (DZIEZAK, 1990).

Eritme peynir, olgunlaştırılmış, bekletilmiş natural peynirlere su, emülsiyeye edici tuzlar, renk ve flavor maddeleri ilave edilerek üretilir. Fosfatlar bu sistemlerde, yağ ile protein-su matriksinin emülsiyonuna yardımcı olmak ve son ürünün üniform tat ve kokuda ve yumuşadığı zaman yağın peynirden ayrılmasını sağlamak için kullanılır. Kullanılacak fosfatların seçiminin özellikle, bunların yumuşama karakteristikleri ve son ürünün sertlik durumuna göre yapılması önemlidir. Disodyum fosfatdihidrat, trisodyumfosfat-dodekahidrat, tetrasodyumpirofosfat, sodyummetafosfat gibi fosfatlar işlenmiş peynirlerde çok yaygın olarak kullanılır. Bunlar, üründe emülsifiyer, asitlendirici, peynirin kendine özgü tekstür ve yapı kazanmasını sağlayıcı, sürülebilirlik özelliğini geliştirici olarak kullanılır (SALDAMLI, 1985; DZIEZAK, 1990; KURT, 1990).

Emülsifiye edici maddeler peynire öğütme sırasında katılabileceği gibi ısıtma anında da katılabilir. Su ile birlikte katıldığında erimesi kolay olmaktadır. İlave edilen miktar % 0,5-3 arasında olup asitlik, emülsifiyerin cinsi, karışımın tipi ve bileşime bağlıdır (KURT, 1990).

TSPP veya sodyumasit pirofosfat gibi pirofosfatlar sert, işlenmiş peynirlerde, yüksek sıcaklıkta yumuşama özelliğine sahip, kapta dondurulmuş durumda bulunan ürünlerin üretiminde kullanılır. Dipotasium fosfat özellikle düşük seviyede sodyum içeren peynirlerde emülsifiyer olarak, mono ve disodyum fosfatlar da pH kontrol etmek için kullanılırlar (DZIEZAK, 1990).

Kondanse süt, bir miktar suyun süttten ayrılması, sonra ısı işlem uygulayarak sterilize edilmesiyle hazırlanır. Buna disodyum fosfat ilave edilirse, süt kazeininin stabilize olması sağlanarak ve protein kaogülasyonu önlenerek, depolama sırasında jelleşme ve büyük partikül oluşturması önlenir. Disodyum fosfatın aynı zamanda "pişmiş tat" oluşumunu önlediği de belirtilmiştir (DZIEZAK, 1990).

Ekşi krema; nebati yağ, soya proteini veya sodyum kazeinat, stabilize edici tuzlar, flavor ve asit ilave edilerek taklit edilebilir. Bu sistemlerde, sodyum tripolifosfat ve heksametafosfat proteinlerde değişiklik meydana getirerek, yağ globüllerinin çevresinde koruyucu bir film oluşturarak sineresis olayını önler (ELLINGER, 1972).

Fosfatlar, sütlü jöle ve pudinglerin yapımı sırasında üretimde kullanılan gamların jelleştirici etkisini arttırmaktadırlar. Ayrıca, bu tür ürünlerde kristal potasyum metafosfatın kullanılması ürünün viskozitesini ve su tutma kapasitesini artırır (SALDAMLI, 1985).

Bir süt endüstrisi artışı olan peynir suyundan laktoz ve laktoalbumin üretiminde fosfatlardan yararlanılır.

Tereyağlarda depolama sırasında oksidatif bozulmaları hızlandıran demir ve bakır gibi iyonlar, yapıdan, fosfat çözeltileri kullanılarak uzaklaştırılmaktadır. Bu amaçla % 2 fosfor içeren çözeltiler kullanılır. Ancak, ürün daha sonra su ile yıkanmalıdır (SALDAMLI, 1985).

Tuz dengesi olarak tanımlanan Ca + Mg/fosfat + sitrat ilişkisi, özellikle süt endüstrisinde uygulanan ısı işlemlerde önem taşımaktadır. Süte gıda katkı maddesi olarak ilave edilen fosfatlar süttün sıcaklık, rennet ve alkolle koagülasyon süresini arttırmaktadır. Bu etki, özellikle peynir endüstrisinde, sterilize ve evapore sütlerde ürünün stabilitesi açısından önem taşır. Ortama fosfat ilavesi, sıcaklığın olumsuz etkisini düşürmektedir. Kazein misellerinin absorbe ettiği kalsiyum ve fosfat iyonları miktarı, süttün termostabilitesini direkt olarak etkilemektedir (ELLINGER, 1972; SALDAMLI, 1985).

Değişik fosfatların sütteki kazeinle yaptığı etkileşim birbirinden farklıdır. Örneğin, pirofosfatlar kazeini kalın bir jel tabakası halinde, polifosfatlar ise kazein ve  $\beta$ -laktoglobulini birlikte çöktürürler. Fosfatlar, sütlü aromalı içeceklerde de kullanılır. Örneğin, çilekli sütlerde iz olarak demir iyonunun ortamda bulunması nedeniyle içeceğin rengi mavi-eflatun renge dönüşmekte ve bu renk kusuru % 0,3 polifosfat kullanılarak giderilebilmektedir. Aromalı sütlerde antimikrobiyal olarak ve HTST pastörizasyon metodunda süttün ısıl işleme dayanıklılık gösterebilmesi için çoğu zaman ortama anhidrit disodyum ortofosfat (DSP) ilave edilir. Maltlı süt tozuna çok az miktarda TSPP konularak ürünün renk ve aroması iyileştirilir. Çikolatalı sütlerde, son ürünü istenen viskoziteye ulaştırmak için çoğu kez sodyum ve potasyum polifosfatlar kullanılır (SALDAMLI, 1985).

**Fırın ürünleri:** Fosfatların fırın ürünlerinde asıl kullanılma amacı kimyasal mayalama ajanı (kabartıcı özellikte bir asit = leaving acid) olmalarıdır. Bunlar, alkali sodyum bikarbonatı nötralle ederken gaz ( $\text{CO}_2$ ) açığa çıkararak hamuru kabartırlar (DZIEZAK, 1990).

Kalsiyum fosfat hamurda maya gıdası olarak ve hamur kalitesini iyileştirici olarak kullanılır. Ayrıca hamurun reolojik özelliklerini düzeltmek, pH'yı optimum maya aktivitesine göre ayarlamak, kek hamurunda

istenilmeyen enzim aktivitesini inhibe etmek için de çeşitli fosfatlar kullanılmaktadır (ELLINGER, 1972). Örneğin, TSPP.H<sub>2</sub>O veya kalsiyum asit pirofosfat (CAPP) gibi tuzlar % 0,01-0,1 arasında kullandıkları taktirde ürün kalitesini etkilemeksizin enzim aktivitesini durdurmaktadırlar (SALDAMLI, 1985).

Hamur, kek hamuru ve benzer kıvamdaki hamur karışımlarında polifosfatların-özellikle ortalama 18-34 fosfat zincir uzunluğuna sahip olanların- mikroorganizmaları inhibe ettiği bildirilmiştir. Kalsiyum fosfat bu ürünleri mineralce zenginleştirmek amacıyla da kullanılabilir (DZIEZAK, 1990).

Fosfatlar, kabartıcı özellikte bir asit oluşturmaları nedeniyle kek, bisküvi, gözleme, ızgara pidesi, lokma ve soğutulmuş hamurlar gibi fırın ürünlerinde de kullanılırlar (DZIEZAK, 1990).

Mayalayıcı asit olarak kullanılan fosfatlar üretimin çeşitli safhalarında, mayalama hızı üzerinde kontrol temin edecek şekilde seçilirler. Çok yaygın olarak kullanılan fosfatlar, monokalsiyumfosfat monohidrat, anhidrit monokalsiyum fosfat, sodyum-aliminyum fosfat, çeşitli asitlik derecelerinde pirofosfatlar tek tek veya bir kombinasyon içinde kullanılabilirler (DZIEZAK, 1990).

Dough reaction rate (DRR) (Hamur reaksiyon oranı) ve Neutralizing value (NV) (nötralizasyon değeri), uygulamada en uygun fosfatın seçiminde yardımcı olan parametrelerdir. DRR, yoğurma (mixing) ve yoğurma ile pişirme arasındaki sürede (bench-time) serbest bırakılan CO<sub>2</sub> ölçümü ile tesbit edilir. DRR değeri yükseldikçe, fosfat etkinliği yükselir. NV ise 100 kısım mayalayıcı asit tarafından nötralize edilebilen sodyum bikarbonat miktarını ifade eder. NV, bilinen miktardaki bikarbonatı tamamen CO<sub>2</sub>'e çevirmek için gereken mayalayıcı asit (leaving acid) ağırlığını hesaplamada kullanılır (DZIEZAK, 1990).

Monokalsiyum fosfat monohidrat, mayalama için ilk defa kullanılan asidik fosfat olup hızlı olarak reaksiyona girer. Kek hamuru ve benzer kıvamdaki hamurları hazırlamada yoğurma sırasında teorik olarak gazın % 60'ı serbest kalır (DRR % 60'dır). Bu, genellikle yavaş reaksiyona giren mayalayıcı asitlerle kombinasyon halinde kullanılır. Evlerde kullanılan kabartma tozlarında sodyum bikarbonat, sodyum aliminyum sülfat ve mısır nişastası ile beraber bulunur. Bunlar içinde fosfatlar, yoğurma sırasında reaksiyon gösterirken, sülfatlar hamur veya kek hamuru kıvamındaki hamurlar fırına konuluncaya kadar reaksiyon göstermez.

SAPP, DRR değeri 20-40 arasında değişen kademelerde üretilebilir. Herbir kademede, kalsiyum ihtiva eden hamur veya kek hamuru kıvamındaki hamurda, SAPP partikül yüzeylerine kaplanarak bir form oluşturan kalsiyuma bağlı olarak reaksiyonu geciktirme özelliğine sahiptir.

Hızlı reaksiyon gösteren (fast-acting) SAPP, çörek hamurunda kullanılırken, yavaş reaksiyon gösteren (slow-acting) SAPP'ler ticari kabartma tozlarında ve silindirik fiberboard kaplar içinde satılan soğutulmuş hamurlarda yaygın olarak kullanılır. İkincisinde, reaksiyon hızının yavaş olması, hamurun işlenmesini; rulo edilmesi, kesilmesi, parçalara ayrılıp kaplara yerleştirilmesini kolaylaştırır (DZIEZAK, 1990).

Fosfatların, fırın ürünlerinde oksidatif ransiditeyi engelleyici antioksidan özellikleri de vardır. Bu amaçla monosodyum ve disodyumfosfat karışımı kullanılır. Ayrıca bazı fosfatların, fırın ürünleri açısından önemli bir özellik olan renk oluşumunda önemli etkileri de sözkonusudur (SALDAMLI, 1985).

*Meyve ve sebzeler:* Meyve ve sebzelerin yapısında doğal ve azımsanamayacak miktarlarda bulunan fosfatlar (Çizelge 1), meyve ve sebze işlemede önemli fonksiyonlara sahip gıda katkı maddeleridir (ELLINGER, 1972). Mikrobiyolojik bozulmalara, oksidatif ransiditeye, vitamin ve renk kayıplarına karşı üründe stabilizasyon sağlarlar. Ayrıca meyve ve sebze dokularının optimum yumuşaklık; meyve suları ve pürelerinin viskozite ve kalınlığını ayarlama da kullanılırlar (ELLINGER, 1972).

Meyve ve sebzelerde ürün yüzeyine püştürülen fosfatlar, onları mikrobiyolojik bozulmalardan korurlar. Bu maksatla çoğunlukla trisodyum fosfat (TSP) ve DSP'nin suyla hazırlanan değişik konsantrasyonlardaki çözeltileri kullanılır (SALDAMLI, 1985).

Fosfatlar, bazı meyve ve sebzelerin pişirme ve kurutma gibi işlemlerde uğradığı renk değişimlerini de önleyebilmektedir. Domates, çilek, kiraz, vişne gibi ürünlerde esmerleşmenin önüne geçmek ve parlak doğal rengi korumak için çoğu kez değişik konsantrasyonlarda pirofosfatlar, tripolifosfatlar, metafosfatlar kullanılmaktadır. Bazı meyve ve sebzelerde yapının bozulmadan kabuğunun yumuşatılması için de fosfatlar kullanılmaktadır (SALDAMLI, 1985).

*Alkollü ve alkolsüz içecekler:* Bu ürünlerde çeşitli fosfatlar, tamponlayıcı, metal kompleksi oluşturucu (kelat), mikrobiyolojik açıdan kontrol edici, asitlendirici, mineral tuz içeriği açısından zenginleştirici olarak kullanılırlar (ELLINGER, 1972; SALDAMLI, 1985).



*Katı ve sıvı yağlar:* Fosfatlar öncelikle yağ içeren hammaddeden yağ elde etme sırasında, üç kısım TSPP ile bir kısım sodyumbikarbonat kullanılarak sulu faz içindeki protein dispersiyonunu artırmak ve bu yolla lipo-protein kompleksini parçalayarak yağ randımanını (% 1,5-3,0) artırmak için kullanılır (ELLINGER, 1972).

Orto ve metafosforik asit hidrojenize edilmiş yağların nikel katalizöründen arındırılması için de kullanılmaktadır (ELLINGER, 1972; SALDAMLI, 1985).

Serbest yağ asitleri, fosfolipidler, musilaj maddeleri, protein benzeri safsızlıkları ihtiva eden ham bitkisel ve hayvansal yağların asidik ve bazik rafinasyonunda fosfatlardan faydalanılır. Böylece fosfatlar yağların istenmeyen renklerinin giderilmesi ve ağartılmasında kullanılmaktadır (ELLINGER, 1972).

Sanayide kızartma yağlarında teşekkül eden kötü kokunun ve gliserid polimerlerinin oluşturduğu köpürme ve renk bozukluğunun giderilmesi için kızartma işlemi sonunda yağ filtre edilerek fosforik asit, ağartma toprağı ile muamele edilir (ELLINGER, 1972; SALDAMLI, 1985).

## SONUÇ

Birçok faydalı yönüne rağmen fosfatlar, ürün formülasyonu geliştirilirken karşılaşılan problemlerin çözümünde sık sık gözden uzak tutulmaktadır. Gıda ile uğraşanlar bu ingrediyeentler hakkında gerekli bilgilere sahip oldukları taktirde bugünün rekabete dayalı pazarlarında gıda geliştirmede bir avantaj sahibi olacaklardır.

## KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1982. Meat and poultry products : Phosphates and sodium hydroxide. Fed. Reg., 47 (49), 10779, USA.
- ANONYMOUS, 1990. Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğı. T.C.Resmi Gazete, sayı:20541, 7 Haziran.
- BARBUT, S., A.J.MAURER, R.C.LINDSAY. 1988. Effects of reduced sodium chloride and added phosphates on physical and sensory properties of turkey frankfurters. J. Food Sci. 53(1) 62-66.
- BARBUT, S., H.H. DRAPER, M. HADLEY, 1989. Lipid oxidation in chicken nuggets by meat type, phosphate, and packaging. J.Food Protection. 52(1):55.
- BELL,R.N. 1971. The nomenclature and manufacture of phosphates. Ch.2 in "Symposium: Phosphates in Food Processing", ed. J.M. Deman. and p. Melnychyn, p.1. The AVI Pub. Co., Inc., Westport, Conn.
- CHOI, Y.I., C.L. KASTNER, D.H. KROPP. 1987. Effects of hot boning and various levels of salt and phosphate on protein solubility, functionality, and storage characteristics of preblended pork used in frankfurters. J. Food Protection 50 (12): 1025-1036.
- DZIEZAK, J.D. 1990. Phosphates Improve Many Foods. Food Technol. 44(4): 80-92.
- ELLINGER, R.H. 1972. Phosphates in Food Processing. Ch. 3. In "CRC Handbook of Food Additives". Second ed. T.E. Furia (Ed.) p,617, The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio.
- ERTAŞ, A.H. 1992. Tuz oranı düşük et ürünlerinde fosfatların kullanımı. Gıda, 17(5): 341-351.
- FAO/WHO. 1984. Monosodium monophosphate. In "Codex Alimentarius," Food Additives Data System, Food and Agricultural System of the United Nations. New York.
- GÖKALP, H.Y. 1989. Mezbaha Ürünleri Teknolojisi Ders Rotosu, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- KIJOWSKI, J.M., M.G. MAST. 1988. Effect of sodium chloride and phosphates on the thermal properties of chicken meat proteins J. Food Sci. 53 (2): 367-370, 387.
- KNIPE, C.L., D.G. OLSON, R.E. RUST. 1985. Effects of selected inorganic phosphates, phosphate levels and reduced sodium chloride levels on protein solubility, stability and pH of meat emulsions. J.Food Sci. 50:1010-1013.
- KURTA, A. 1990. Süt Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları No:573, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 257, Erzurum.
- MANN, T.F., J.O. REAGAN, D.A. LILLARD, D.R. CAMPION, C.E. LYON, M.F. MILLER. 1989. Effects of phosphate in combination with nitrite or Maillard reaction products upon warmed-over flavor in precooked restructured beef chuck roasts. J. Food Sci. 54(6): 1431-1433.
- SALDAMLI, İ. 1985. Gıda Katkı Maddeleri ve İngrediyenler. Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara.
- SOFOS, J.N. 1986. Use of phosphates in low-sodium meat products. Food Technol. 40(9):52-68.
- STEINHAUER, J.E. 1983. Food phosphates for use in the meat, poultry and seafood industry. Dairy and Food Sanitat. 3 (7):244.
- TROUT, G.R., G.R. SCHMIDT. 1983. Utilization of Phosphates in meat products. 36 th Annual Reciprocal Meat Conference. (June 12-15):24-27.
- WEKELL, J.C., F.M., TEENY. 1988. Canned salmon curd reduced by use of polyphosphates. J. Food Sci. 53(4): 1009-1013.
- ZORBA, Ö. 1990. Taze ve Dondurulmuş Sığır Etilerinin Çeşitli Emülsiyon Parametreleri Üzerinde Farklı Yağ Sıcaklığı, Fosfat ve Tuz Seviyesi Etkisinin Model Sistemde Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.