

# YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ VE VURGULU ELEKTRİKSEL ALAN İŞLEMLERİNİN MAILLARD REAKSİYONU ÜZERİNE ETKİSİ

E. Feyza Topdaş, M. Fatih Ertugay\*

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Geliş tarihi / Received: 07.02.2012

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 28.02.2012

Kabul tarihi / Accepted: 02.03.2012

## Özet

Maillard reaksiyonu, çoğunlukla ısı işleme tabi tutulan ve depolanan ürünlerde görülen, indirgen şekerlerle proteinlerin amino grupları arasında meydana gelen en önemli enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından biridir. Bu reaksiyon, gıdaların renk, tat-aroma ve besin değeri gibi kalite özellikleri üzerine istenen veya istenmeyen etkilere neden olabilmektedir. Bu kompleks reaksiyonun gıdalarda meydana getirdiği olumsuz değişiklikleri azaltmak amacıyla günümüzde ısı olmayan işlemler üzerine çalışmalar yapılmakta ve ümit verici sonuçlar alınmaktadır. Gıda endüstrisinde ısı olmayan işlemlerin uygulaması sadece gıdaların raf ömrünün artırılması amacıyla değil, aynı zamanda; daha güvenilir, besinsel ve duyuşal açıdan daha kaliteli gıdaların üretilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yönleri ile ısı olmayan işlemler, ısı işlem tekniklerini içeren geleneksel gıda işleme yöntemlerine alternatif olabilecek potansiyele sahiptir. Bu derlemede Maillard reaksiyonu ve geleneksel gıda işleme metotlarına alternatif olarak Yüksek Hidrostatik Basınç ve Vurgulu Elektriksel Alan uygulamalarının Maillard reaksiyonu üzerine olan etkileri anlatılmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Maillard reaksiyonu, vurgulu elektriksel alan, yüksek hidrostatik basınç.

## THE EFFECT OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE AND PULSED ELECTRIC FIELD ON MAILLARD REACTION

### Abstract

The Maillard reaction, mostly occurred in heated and stored products, is one of the most important non-enzymatic browning reactions between amino groups of proteins and reducing sugars. This reaction may lead to desired or undesired effects on the quality characteristics of food; such as color, taste and nutritional value. In order to reduce these negative changes resulting from the complex reaction, nowadays studies are carried out on non-thermal processes and promising results are obtained. The application of non-thermal processes in food industry not only increases the shelf life of foods, but also allows production of foods which are more reliable and have better quality in terms of nutritional and sensory properties. In these respects, non-thermal processes have a potential which can be alternative to conventional food processing methods, including thermal processes. In this review, Maillard reaction and the effects of High Hydrostatic Pressure and Pulsed Electric Field applications, which can be alternative against to conventional food processing methods on Maillard reaction have been reviewed.

**Keywords:** Maillard reaction, pulsed electric field, high hydrostatic pressure

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ fertugay@atauni.edu.tr,

☎ (+90) 442 231 2484

☎ (+90) 442 236 0958

## GİRİŞ

Maillard reaksiyonu gıdaların işlenmesi sırasında meydana gelen ve kaliteyi etkileyen en önemli kimyasal reaksiyonlardan biridir. İlk kez, glikoz ve lizin çözeltilerini birlikte ısıtarak çözelti renginin esmerleştiğini ortaya koyan Fransız bilim adamı Louis Camille Maillard tarafından belirlenmiştir (1). Bu reaksiyon, aminoasitler ve indirgen şekerler arasında genellikle yüksek sıcaklık derecelerinde gerçekleşen, karamelizasyon ve askorbik asit degradasyonu gibi enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonudur.

Maillard reaksiyonu genellikle ısıtılmış, kurutulmuş veya uzun süre depolanması gereken ürünlerde meydana gelmekte ve gıdalarda lezzet, renk, besin değerinde meydana gelen istenen ya da istenmeyen değişimlerin yanı sıra mutajenik bileşiklerin de oluşumuna sebep olmaktadır (2). Bu mutajenik ve zararlı bileşiklerden etki düzeyi en fazla olanı hidroksimetilfurfural (HMF) olup aynı zamanda toksik etkiye de sahiptir (3-5).

Maillard reaksiyonunun ısı işlem uygulanan gıdalarda oluşturduğu indirgen özellikte (6) ve heterosiklik yapıdaki (7) bileşikler, oluşturdukları aroma sebebiyle kavurma, pişirme ve kızartma gibi işlemlerde istenirken; esansiyel aminoasitler ile besin değerinde meydana gelen kayıplar nedeniyle kurutma, pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerinde istenmemektedir (8, 9). Isıl işlemlerin gıdalar üzerinde meydana getirdiği enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla günümüzde Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB) ve Vurgulu Elektriksel Alan (VEA) gibi ısı olmayan işlemlere karşı ilgi artmaktadır. Bu işlemler düşük sıcaklık derecelerinde çalışılan ve böylece ısı kaynaklı ürün değişimlerinin engellenmesine olanak sağlayan ısı olmayan muhafaza teknikleri içerisinde nitelendirilebilmektedir. Isı uygulaması içermeyen bu işlemler oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda çalışmaya olanak sağladığından gıdaların lezzet, tekstür ve besin içerikleri daha iyi korunurken, mikroorganizmalar da inaktive edilebilmektedir (10). Bunun yanı sıra yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan aşırı Maillard reaksiyonu sonucu oluşan zararlı bileşiklerin miktarını da azaltmaktadır. İşlem sıcaklığının artırılması ile uygulanacak basıncı azaltmak mümkündür, fakat aynı zamanda istenmeyen reaksiyonların da ortaya çıkacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

## Maillard Reaksiyonu

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları üzerinde çok sayıda çalışma mevcut olmasına rağmen, Maillard reaksiyonu çok kompleks bir tepkime olduğundan bu tepkime esnasında meydana gelen birçok reaksiyon ve yolları henüz tam olarak anlaşılamamıştır (11-13).

Maillard reaksiyonu, aminoasidin  $\alpha$ - amino grubu ile indirgen şekerin karbonil grubu arasında başlamakta ve oluşan glikozilamin (Schiff bazı) izomerize olmakta, aldoz ketoza dönüşebilmekte ve Amadori değişimi sonucu Maillard reaksiyonunun kilit bileşiği olan 1-Amino-1- Deoksi-2-Ketoz oluşmaktadır (14). Ardından sıcaklık etkisiyle bu bileşik;

- Kuvvetli dehidrasyon sonrası furfuralları,
- Azotça noksan olan parçalanma ürünlerini (asetol, diasetil, pirüvaldehit vb),
- Yavaş dehidrasyon sonucunda ise redükthanları oluşturmaktadır.

Furfurallar ve parçalanma ürünleri aminoasitlerle birleşerek aldimin ve ketaminleri oluştururken, bu ürünlerin de polimerizasyonu melanoidin pigmentleri denilen esmer renkli doymamış polimer ürünlerin oluşumu gerçekleşmektedir. Redükthanlar ise aminoasitlerle birleşip dekarboksilasyona uğrayarak aldehitleri meydana getirmektedir. Bu faz ise Strecker degradasyonudur (15).

Maillard reaksiyonlarını etkileyen faktörler arasında sıcaklık değişimi, reaksiyona giren maddelerin yoğunluğu ve birbirlerine oranı, ortamın pH'sı ve su aktivitesi gibi etkenler bulunmaktadır (4, 16). Özellikle zararlı bileşiklerin oluşumu üzerine pH, sıcaklık ve su aktivitesi etkili olmaktadır (17). Sıcaklık etkisi ile protein molekülü içinde enzimlere dayanıklı bağların oluştuğu, bu bağların proteinlerin sindirilebilirliğini ve biyolojik değerliliğini düşürdüğü kabul edilmektedir (18).

Gıdaların rengi; görünüm ve kabul edirlilikleri üzerine önemli derecede rol oynamaktadır (19). Maillard reaksiyonun ara basamaklarında oluşan mutajenik ve zararlı bileşiklerden etki düzeyi en fazla olan HMF, gıdalarda görülen renk değişiminde etkili olan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun bilinen bir göstergesi ve aşırı ısıtma ve/veya depolama boyunca meydana gelen bozucu değişimlerin bir işareti olarak kabul edilmektedir. Taze gıdalarda HMF değeri sıfıra yakın olup (20), işlenmiş gıdalarda bu değerin önemli düzeylere ulaşması nedeniyle HMF düzeyi bir kalite göstergesi olarak kullanılmaktadır (21).

### Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB)

Yüksek basınç uygulamasının gıdalarda kullanımıyla ilgili yapılan ilk çalışmalar 19. yüzyıl sonunda Hite tarafından gerçekleştirilmiş ve çiğ sütün oda sıcaklığında bir saat boyunca 600 MPa basınca maruz bırakılması ve sonuçta sütün raf ömrünün 4 gün kadar uzayabileceği belirlenmiştir (22, 23). Daha sonra aralıklı olarak çalışmalar devam etmiş, 1970-1980'lerde seramik ve metal endüstrilerinde yüksek basınç tekniklerinin kullanımında elde edilen olumlu gelişmelerden sonra 1990'lı yıllarda, yüksek basınç ile işlenen çeşitli ticari gıda ürünleri Japon pazarında ortaya çıkmıştır. Bu ürünler içerisinde bulunan reçel, marmelat, meyve suyu ve yoğurt gibi ürünlerle Japonya şu an bu teknolojiye lider konumda bulunmaktadır (24). Ayrıca portakal suyu, meyveli yoğurtlar, salata sosları ve meyve sosları gibi ürünlerle de bu teknolojinin ticari olarak kullanımını başlatmıştır (25).

YHB uygulaması gıdaların işlenmesi, muhafazası ve çeşitlendirilmesi için geleneksel ısıl işlemlere alternatif olarak uygulanan yöntemlerin en önemlilerinden biridir (25-27). Bu yöntem diğer alternatif yöntemler içinde en çok çalışılanı olmuş ve farklı işlem şartları (sıcaklık, basınç, süre vb.) altında mikroorganizmaların inaktivasyonunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir (28). Isıl işlemlerde edilmek istenen sonuçlara benzer sonuçlar verdiğinden, ısıl işlemin gıdalar üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri en aza indirerek, kaliteli ve mikrobiyolojik yönden stabil ürünler oluşturmak amacıyla yalnız başına veya düşük sıcaklıkla beraber YHB uygulaması avantajlı görülmektedir (29, 30).

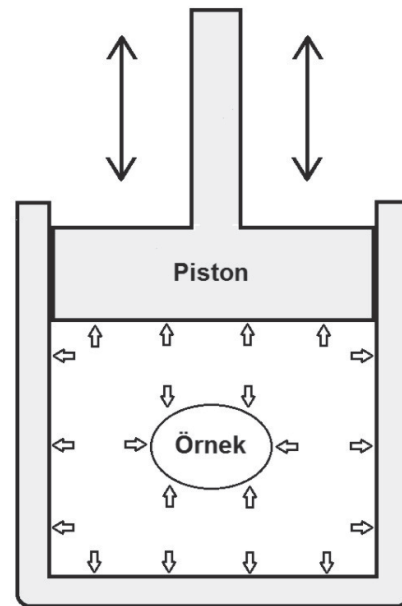
Yüksek hidrostatik basınç oda sıcaklıklarında uygulandığı için, maillard reaksiyonları gibi bazı ürünlerin duyu özelliklerinde istenmeyen değişimlere yol açmadan ve vitaminleri etkilemeden enzim ve mikroorganizma inaktivasyonunu sağlamaktadır. Bunun yanı sıra sıcaklığın yükseltilmesi için ayrıca enerjiye gerek olmadığından harcanan enerji miktarı da azalmaktadır (31-36). Ayrıca YHB işlemi bazı gıda bileşenlerinin fonksiyonel özelliklerini değiştirebilme potansiyeline de sahiptir. Bu, varolan işlemlerde iyileştirme yapmaya veya yeni gıdaların üretimine de imkan sağlamaktadır (32, 37-39). Ancak, YHB işleminin kesikli bir proses şeklinde yürütülmesinin yanı sıra yatırım ve uygulama maliyeti de yüksektir (40, 41). Bu yüzden YHB uygulaması ile işlenmiş gıdaların pazarlanması problem olmaktadır (36).

Ultra yüksek basınç olarak da tanımlanabilen YHB

işleminde, katı ve sıvı gıdalara 100 - 1000 MPa arasında değişen oranlarda izostatik basınç uygulanmaktadır (31, 32, 42). Bu sistemlerin temel prensibi (Şekil 1), yüksek basınç altında gıdanın etrafında bulunan suyun sıkıştırılmasına dayanmaktadır (25, 43-45). Basınç maddenin şekil ve büyüklüğünden bağımsız olarak tüm noktalara eşit olarak iletilmektedir (22).

YHB uygulamasının gıdalardaki Maillard reaksiyonu üzerine etkisi ile ilgili olarak çeşitli araştırmalar yapılmıştır (46-50). Bu çalışmalarda, yüksek basınçın Maillard reaksiyonu üzerine etkisinin, pH, basınç seviyesi ve sıcaklık gibi işlem parametrelerinden önemli ölçüde etkilendiği rapor edilmiştir. Bilindiği üzere, Maillard reaksiyonunun gelişimi 2 aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalardan birincisi, karbonil ve amino bileşikleri arasında meydana gelen kondensasyon, diğeri ise esmerleşme reaksiyonudur (51). Yapılan bir çalışmada, Maillard reaksiyonunun YHB tarafından baskılandığı ve uygulanan basınçın kondensasyon olayından çok esmerleşme reaksiyonu üzerine önemli derecede azaltıcı etkisinin olduğu belirlenmiştir (52). Bundan dolayı YHB, Maillard reaksiyonlarının oluşumunun azaldığı bir uygulama olarak düşünülmelidir (53). Basınç, kahverengi renk oluşumuyla gözlemlenebilen Maillard reaksiyonu üzerine geciktirici etkisinin Amadori ürününün ayrışmasını geciktirmesinden kaynaklandığı da tahmin edilmektedir (46).

Esmerleşme reaksiyonlarının YHB tarafından baskılanmasını reaksiyon mekanizması açısından



Şekil 1. Yüksek basınç sisteminin şematik görünümü

açıklamak oldukça zordur. Çünkü Maillard reaksiyonunun ileri aşamalarında gerçekleşen radikal oluşumu, polimerizasyon ve melanoidin oluşumu tam olarak aydınlatılmış değildir (47). Fakat melanoidinden türetilen kararlı serbest radikallerin oluşumunun yüksek basıncın etkisiyle engellendiği belirlenmiştir (47,48). Model sistem kullanılarak yapılan araştırmalarda, Maillard reaksiyonu sonucu oluşabilen uçucu bileşiklerin basınç uygulamasıyla azaldığı açıkça ifade edilmiştir (49,50). Bu sistemlerde, basıncın başlangıç reaksiyonlarını hızlandırdığı, fakat son heterosiklik ürün ve melanoidinlerin oluşumunu geciktirdiği belirlenmiştir (46).

Model sistemlerle yapılan bir diğer çalışmada, 600 MPa'a kadar uygulanan yüksek hidrostatik basıncın, aminoasitler veya  $\beta$ -kazein ile şekerler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu üzerine etkisi incelenmiş ve aminoasit türevi pentozidin oluşumunun basınç artışıyla artarken, pirazin oluşumunun azaldığı görülmüştür (37). Farklı bir çalışmada ise Maillard reaksiyonunun erken evrelerinde triptofan ve glikozdan oluşan reaksiyon ürünlerinde hızlı bir artış söz konusu iken, sonraki reaksiyon adımlarında azalma gözlenmiştir (46).

Campus ve ark. (54), kurutulmuş filetoların kimyasal karakteristikleri üzerine yüksek basıncın etkisini araştırmış ve işlem görmemiş örneklerle karşılaştırıldığında Maillard reaksiyonu sonucu oluşan birçok aroma bileşiğinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç ısı olmayan işlemlerin ürünleri taze gibi koruduğunu, fakat Maillard reaksiyonundaki azalmanın da ürünün tipik renk ve lezzet özelliklerinin azalmasına yol açabileceğini göstermektedir. Fakat Maillard reaksiyonunda meydana gelen azalma aynı zamanda reaksiyon ürünlerinde de bir azalmaya yol açacağından sonuçta zararlı bileşiklerin miktarını da azaltmış olacaktır.

YHB uygulaması ile birlikte uygulanan basınç seviyesi, sıcaklık ve pH gibi işlem şartları da Maillard reaksiyonunu önemli derecede etkilemektedir. Örneğin; yapılan bir çalışmada, renk maddeleri oluşumu atmosferik basınç altında kademeli olarak artış gösterirken, bu maddelerin yüksek basınç altında daha düşük miktarlarda ve uzun sürede meydana geldikleri belirlenmiştir (13). Yüksek basınç altında gözlenen esmerleşme oranının atmosferik basınçtakinin yaklaşık yarısı kadar olduğu da bildirilmektedir (50).

Basıncın etkisinin sistemin pH'sına göre değişiklik gösterdiği ve aynı zamanda pH'nın da basınçtan etkilendiği bildirilmektedir (55). Bu etki, asidik

grupların yüksek basınçtan dolayı ayrışması ile meydana gelen pH düşüşüne atfedilmektedir (13). Yapılan bir çalışmada, yüksek basıncın her 100 MPa'da 0.2'lik bir pH azalmasına neden olduğu (56) ve Maillard sistemlerinde renk gelişiminin pH'nın düşüşüyle birlikte azaldığı bilindiğinden, dolaylı olarak esmerleşme oranında da azalma beklendiği vurgulanmaktadır (57).

Yüksek hidrostatik basıncın Maillard reaksiyonu üzerine etkisi Moreno ve ark. (58) tarafından araştırılmış ve yüksek basıncın neden olduğu pH değişimlerinin Maillard reaksiyonlarının farklı evrelerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, Amadori ürünlerinin oluşum ve bozulmasının yüksek basınç altında (400 MPa, 60°C) hızlandığı ve orta ile ileri düzey tepkime ürünleri düzeylerinde de artış olduğu görülmüştür. Başka bir çalışmada, 600 MPa basınç altında 40-60°C'de glikoz ve lizin çözeltileri üzerine çalışılmış ve 50°C'de başlangıç pH'sı 5.1-6.5 olan çözeltilerde basıncın Maillard reaksiyonunun etkisini geciktirdiği, pH 7.0-7.5'da herhangi bir etkisinin olmadığı, pH 8.0-10.1'de ise esmerleşmenin önemli ölçüde engellendiği rapor edilmiştir (50).

Nienaber ve Shellhammer (59), yüksek basınç uygulanmış taze portakal suyunun buzdolabı şartlarında birkaç ay boyunca tazeliğini muhafaza edilebilirliğini araştırmış ve bir gıda muhafaza yöntemi olarak YHB işlemini kullanmıştır. YHB uygulamasıyla geleneksel işlem sırasında gıdanın kalitesini etkileyen bozucu etkileri azaltmanın mümkün olduğunu ancak, yüksek sıcaklıkla beraber uygulanan YHB işleminde meydana gelen pH değişiminin Maillard reaksiyonları üzerindeki etkisinin de göz önüne alınması gerektiğini vurgulamıştır.

pH'nın Maillard reaksiyonu üzerine etkisine paralel olarak uygulanan sıcaklık derecesi de hem reaksiyonu hem de oluşan ürünlerin miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Aynı basınçta sıcaklık artışıyla birlikte esmerleşme oranının da önemli ölçüde arttığı bildirilmektedir (13). Örneğin, 0.1 MPa atmosferik basınçta 100°C'de 30 dakikada 0.28 olan esmerleşme oranı, 115 °C'de ve aynı sürede 6.8 olmuştur. Bu da YHB ile birlikte sıcaklığın Maillard reaksiyonu üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, YHB işleminin oda sıcaklığı gibi daha düşük sıcaklıklarda uygulanmasının, Maillard reaksiyonu sonucu oluşabilecek zararlı bileşiklerin miktarını da önemli oranda azaltacağı söylenebilmektedir.

#### **Vurgulu Elektriksel Alan (VEA)**

VEA tekniğinin ısı olmayan bir işlem olarak

nitelendirilmesinin nedeni, ortam sıcaklığında ya da bu sıcaklığın altında veya üzerinde bir saniyeden daha kısa sürede uygulanarak enerji kaybı olmaksızın gıdanın ısınmasını minimum düzeyde tutarak; ürünün kalite özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişimleri önlemesidir (60).

Vurgulu elektriksel alan işleminin kökeni günümüzde uygulanmakta olan bu yöntemi bulan Doevenspeck'e dayanmaktadır (60, 61). Meyve sularının pastörizasyonu amacıyla ilk ticari VEA tesisi 2005 yılında ABD'nde kurulmuş ve vurgulu elektrik alan uygulaması ile pastörize edilen meyve sularının raf ömrünün 4 hafta olduğunun belirlenmesi ile tekniğin güvenli olduğu görülmüştür (62). VEA uygulaması, oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda uygulandığından düşük enerji kullanımı sağlamaktadır. Ayrıca düşük sıcaklıkta çalışıldığından ürünün besinsel özellikleri ile renk, tat ve kokusu diğer tekniklere göre daha iyi korunmaktadır (63). Böylece yüksek sıcaklıklarda oluşan Maillard reaksiyonu engellenebilmekte ve taze halindeki özelliklerine çok yakın nitelikte ürün elde edilebilmektedir. Ancak, VEA ile çalışırken iletken maddelerle çalışma zorunluluğu, üretim ortamında elektriksel sızdırmazlığın sağlanması gibi güvenlik önlemlerinin gerekliliği bu teknolojinin kullanımını sınırlandırmaktadır (64, 65).

Geleneksel pastörizasyon işlemiyle karşılaştırıldığında VEA uygulaması, sadece patojenik mikroorganizma ve enzimleri inhibe etmekle kalmaz aynı zamanda gıdanın karakteristik tat, koku, tekstür, besin içeriği ve işlevsel bileşenlerinde meydana gelen kayıpları da en düşük düzeye indirir (66-71). Bu yönüyle VEA işlemi, geleneksel pastörizasyonun yerini alabilecek ya da tamamlayıcı olarak kullanılabilir, gelecek vaat eden bir teknolojidir (72-75).

Bilindiği üzere, HMF gıdalarda ısıtma işlemi indikatörü olarak kullanılmaktadır. HMF aynı zamanda Maillard reaksiyonunun bir ara ürünü olduğu için de bu reaksiyonun bir göstergesi olarak düşünülmektedir ve meyve sularındaki esmerleşmeyle de yakından ilgilidir (76). VEA uygulaması sırasında, ürün düşük sıcaklıklara maruz kaldığından VEA uygulanmış meyve sularının ısıtma işlemi görmüş meyve sularına göre daha düşük HMF konsantrasyonuna sahip oldukları bildirilmektedir (77).

Portakal suyu ile ilgili yapılan bir çalışmada, kahverengileşme indeksinin pastörizasyon sonucunda arttığı, buna karşın VEA uygulaması ile işlem görmemiş örnekler arasında ise önemli bir

fark olmadığı tespit edilmiştir. Aynı araştırmacılar, VEA işleminin portakal sularının renk, esmerleşme ve HMF oranları üzerine etkisini incelemişler ve pastörizasyonla karşılaştırdıklarında, VEA uygulamasının daha az esmerleşmeye neden olduğunu ve en düşük HMF içeriğinin de VEA ile elde edildiğini belirlemişlerdir (78). Portakal ve havuç suları ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (79).

Jeager ve ark (80) tarafından yapılan bir çalışmada, laboratuvar ortamında VEA uygulanmış patates dilimlerinde Maillard reaksiyonu ve akrilamid oluşumuna sebep olan glikoz ve früktoz miktarlarının belirgin oranda azaldığı belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada ise, çilek, domates ve karpuz suyuna VEA işleminin uygulanması sonucu meyve ve sebze sularının renklerinin daha iyi korunduğu ve ısıtma işlemi uygulanmış örneklerle göre daha düşük HMF konsantrasyonunun olduğu görülmüştür (81).

Cserhalmi ve ark.(82), VEA işleminin narenciye sularının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmış ve başlangıçta greyfurt, limon, portakal ve mandalina sularının enzimatik olmayan esmerleşme indekslerinin ve HMF içeriklerinin işlem sonrası önemli düzeyde değişmediğini, uçucu aroma bileşiklerinin ise muhafaza edildiğini tespit etmişlerdir.

### Sonuç

Isıtma olmayan işlem uygulamalarının gıdalar üzerindeki etkisi oldukça önemli olup, gıda teknolojisindeki önemi her geçen gün artmaktadır. Soğuk pastörizasyon amacıyla uygulanan bu işlemlerin gıdaların kalitesini artırabilmekte beraber, yeni ürün geliştirmek için de kullanılabilmesi mümkün görülmektedir. "Yüksek Hidrostatik Basınç" ve "Vurgulu Elektriksel Alan" işlemleri, ortam sıcaklığında çalışmaya olanak sağlamakla beraber raf ömrü uzun ve son tüketim tarihine kadar besinsel ve duyu açıdan tazeliğini koruyan ürünlerin çok düşük modifikasyonlarla üretimini de gerçekleştirmektedir. Ancak, özellikle yüksek sıcaklıklarda Maillard reaksiyonundaki bazı aşamaların YHB işleminden etkilendiği de dikkate alınmalıdır. VEA uygulamaları ise ısıtma işlemi göre, meyve suyu üretiminde enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını azaltmakta ve sonuçta daha düşük HMF oluşumu ve daha az renk değişimine sebep olmaktadır. YHB ve VEA teknolojilerinin avantaj ve dezavantajları açısından aydınlatılması gereken daha birçok konu bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Eskin NAM. 1990, Biochemistry of food processing: Browning reactions in foods. In 'Biochemistry of Foods', second edition, Academic Press, London, pp. 240-295.
2. Ikan R (ed), Rubinsztain Y, Nissenbaum A and Kaplan IR. 1996. The Maillard reaction: Consequences for the chemical and life sciences. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 204 p.
3. Erbaş M. 2002. Fırın Ürünlerinde Maillard Reaksiyonu ve Hidroksimetilfurfural (HMF) Oluşumu. Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 3-4 Ekim, Gaziantep, Türkiye, 331-335.
4. Bozkurt H, Göğüş F, Eren S. 1998. Pekmezde maillard esmerleşme reaksiyonlarının kinetik modellenmesi, *Türk J Eng and Environ Sci* 22: 455-460.
5. Guingamp MF, Humbert G, Midon P, Nicolas M, Linden G. 1999. Screening procedure for evaluating heat load in commercial milks. *Lait*, 79, 457-463.
6. Ninomiya M, Matsuzaki T, Shigematsu H. 1992. Formation of reducing substances in the Maillard reaction between D-glucose and  $\gamma$ -aminobutyric acid. *Biosci Biotech Biochem*, 56(5): 806-807.
7. Daniel JR, Whistler RL. 1985. Carbohydrates. In 'Food Chemistry', O.R. Fennema (Ed.), second edition, Marcel Dekker, New York, p.70-137.
8. Van Boekel MAJS. 2006. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnol Adv*, 24(2):230-233.
9. Angel Rufia'n-Henares J, Guerra-Hernández E, García-Villanova B. 2006. Available lysine and fluorescence in heated milk proteins/dextrin-maltose or lactose solutions. *Food Chem*, 98(4):685-92.
10. Ross AIV, Griffiths MW, Mittal GS, Deeth HC. 2003. Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. *Int J Food Microbiol*, 89: 125-138.
11. Ledl F, Schleicher E. 1990. New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. *Angewandte Chemie International Edition in English* 29: 565-594.
12. Ames JM. 1992. The Maillard reaction. In *Progress in Food Proteins - Biochemistry*, ed. Hudson BJF. *Elsevier Applied Sci*, London, pp. 99-153.
13. Nursten H (ed). 2005. The Maillard Reaction: Chemistry, Biochemistry and Implications. *Royal Soc of Chem*, Cambridge, UK, p 213.
14. Metin M. 2005. Süt Teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 6. baskı, İzmir. s. 213, 214.
15. Ertugay Z. 1983. Ekmek aromasının oluşumu, kaynakları ve aroma oluşumunu etkileyen faktörler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 14: 1-2.
16. Rufia'n-Henares JA, Delgado-Andrade C, Morales FJ. 2009. Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry. *Food Chem*, 114(1):93-9.
17. Fayle SE, Gerrard J A. 2002. The Maillard Reaction. Royal Society of Chemistry, ed. Belton PS. Great Britain, pp. 1-8.
18. Wang X, Castanon F, Parsons CM. 1998. Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. *Poultry Sci*, 77: 1010-1015.
19. Tosun I. 2004. Color changes and 5-hydroxymethyl furfural formation in zile pekmezi during storage. *Grasas y Aceites* 55 (3): 259-263.
20. Spano N, Casula L, Panzanelli A, Pilo MI, Piu PC, Scanu R, Tapparo A, Sanna G. 2006. An RP-HPLC determination of 5-hydroxymethylfurfural in honey: the case of strawberry tree honey. *Talanta* 68 (4): 1390-1395.
21. Arena E, Fallico B, Maccarone E, 2001. Thermal damage in blood orange juice: Kinetics of 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde formation. *International J Food Sci Technol*, 36: 145-151.
22. Deliza R, Rosenthal A, Abadio F B D, Silva CHO, Castillo C. 2005. Application of high pressure technology in the fruit juice processing: benefits perceived by consumers. *J Food Eng*, 67: 241-246.
23. Knorr D. 1999. Novel approaches in food-processing technology: New technologies for preserving foods and modifying function. *Curr Opinion in Biotechnol*, 10: 485-491.
24. Norton T, Sun DW. 2008. Recent advances in the use of high pressure processing technique in the food industry. *Food and Bioprocess Technol*, 1: 2-34.
25. Trujillo AJ, Capellas M, Gervilla R, Saldo J, Guamis B. 2002. Application of high hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. *Innovative Food Sci Emerging Technol*, 3: 295-307.
26. Lanciotti R, Patrignani F, Iucci L, Guerzoni ME, Suzzi G, Belletti N, Gardini F. 2007. Effects of milk high pressure homogenization on biogenic amine accumulation during ripening of ovine and bovine Italian cheeses. *Food Chem*, 104 (2):693-701.
27. Vardag T, Körner P. 1995. High pressure: a real alternative in food processing. *Food Mark. Technol.* 42-47.
28. Spilimbergo S, Elvassore N, Bertucco A. 2002. Microbial inactivation by high pressure. *J of Supercritical Fluids*, 22: 55-63.
29. Zorba Ö, Kurt Ş. 2005. Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünleri kalitesi üzerine etkisi. *YYÜ Vet Fak Derg*, 16 (1):71-76.

30. Cheftel JC. 1995. Review: High-pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Sci Technol Int*, 1: 75-90.
31. Trujillo AJ, Capellas M, Buffa M, Royo C, Gervilla R, Felipe X, Sendra E, Saldo J, Ferragut V, Guamis B. 2000. Application of high pressure treatment for cheese production. *Food Res Int*, 33 (3-4): 311-316.
32. Hugas M, Garriga M, Monfort JM. 2002. New mild technologies in meat processing: high pressure as a model technology, *Meat Sci*, 62: 359-371.
33. Moerman F. 2005. High hydrostatic pressure inactivation of vegetative microorganisms, aerobic and anaerobic spores in pork marengo, a low asidic particulate food product, *Meat Sci*, 69: 225-232.
34. Brul S, Rommens AJM, Verrips CT. 2000. Mechanistic studies on the inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by High-Pressure, *Innovative Food Sci&Emerging Technol*, 1: 99-108.
35. İbanoğlu E. 2002. Gıdalarda yüksek hidrostatik basınç uygulaması. *GIDA* 27 (6): 505-510.
36. Şanal İS, Çalmlı A. 2000. Yüksek hidrostatik basınç teknolojisi ve gıda endüstrisinde uygulamaları *GIDA* 25 (3): 193-201.
37. Schwarzenbolz U, Klostermeyer H, Henle T. 2002. Maillard reaction under high hydrostatic pressure: studies on the formation of protein-bound amino acid derivatives. Int Congress Series 1245: 223-227.
38. Linton M, Mc Clements MJ, Patterson MF. 2004. Changes in the microbiological quality of vacuum-packaged, minced chicken treated with high hydrostatic pressure, *Innovative Food Sci and Emerging Techno*, (5) : 151-159.
39. Datta N, Deeth HC. 1999. High pressure processing of milk and dairy products. *Australian J Dairy Technol*, 54 (1): 41-48.
40. Yemencioglu A, Özkan M. 2004, Meyve ve Sebzelerle Bunlardan Elde Edilen Ürünlerin Dayandırılma Yöntemleri. Meyve ve Sebze İşleme Teknikleri 1, Cemeroglu B (baş editör), Baskent Klise Matbaacılık, Ankara, s. 226-227.
41. Ohlsson T (ed), Bengtsson N. 2002. Minimal Processing Technologies *In The Food Industry*. Woodhead publishing limited, England, pp 41.
42. Farr D. 1990. High Pressure Technology in the Food Industry. *Trends Food Sci and Technol*, 1: 14-16.
43. Penna ALB, Subbarao-Gurram, Barbosa-Cánovas G V. 2007. High hydrostatic pressure processing on microstructure of probiotic low-fat yogurt. *Food Res Int*, 40 (4): 510-519.
44. Temiz H, Tarakçı Z, Aykut U. 2008. Süt ve ürünlerinde mikroorganizmaları azaltmada alternatif yöntemler. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, 777-780.
45. Pereira RN, Vicente AA. 2010. Environ impact of novel thermal and non-thermal Technologies in food processing. *Food Research International*, 43: 1936-1943.
46. Isaacs N, Coulson M. Effect of pressure on processes modelling the Maillard reaction. 1996. *J Phys Org Chem*. 9: 639-644.
47. Namiki M, Hayashi T. 1983. A New Mechanism of the Maillard Reaction Involving Sugar Fragmentation and Free Radical Formation. ACS Symp. Ser., No. 215, 21-46, 185-201.
48. Mitsuda H., Yasumoto K. And Yokoyama K. 1965. Studies of Free Radicals in Amino-carbonyl Reaction. *J Agric Biol Chem*, 29: 751.
49. Bristow M, Isaacs NS. 1999. The effect of high pressure on the formation of volatile products in a model Maillard reaction. *J Chem Soc Perkin Trans. 2*: 2213-2218.
50. Hill VM, Ledward DA, Ames JM. 1996. Influence of high hydrostatic pressure and pH on the rate of Maillard Browning in a glucose-lysine system. *J Agric Food Chem*, 44(2):594-598.
51. Namiki M. 1985. Studies on interactions of food components. Nippon Nogeikagaku Kaishi, 59: 811-822 (in Japanese).
52. Tamaoka T, Itoh N, Hayashi R. 1991. High HHP effect on Maillard reaction. *Agric Biol Chem*, 55: 2071-2074.
53. Okazaki T, Yamauchi S, Yoneda T, Suzuki K. 2001. Effect of combination of heating and pressurization on browning reaction of glucose-glycine solution and white sauce. *Food Sci Technol Res*, 7 (4): 285-289.
54. Campus M, Flores M, Martinez A, Toldra F. 2008. Effect of high pressure treatment on colour, microbial and chemical characteristics of dry cured loin. *Meat Sci*, 80(4):1174-1181.
55. Ames MJ. 1998. Applications of the Maillard reaction in the food industry. *Food Chem*, 62:(4) 431-439.
56. Heremans K. 1995. High pressure effects on biomolecules. In High Pressure Processing of Foods, eds Ledward DA, Eamshaw RG, Johnson DE, Hasting APM. Nottingham University Press, Sutton Bonington, pp. 81-98.
57. Ames JM. 1990. Control of the Maillard reaction in food systems. *Trends in Food Sci Technol*, 1: 150-154.
58. Moreno FJ, Molina E, Olano A, Lopez-Fandino R. 2003. High-pressure effects on Maillard reaction between glucose and lysine. *J Agric Food Chem*, 51(2):394-400.
59. Nienaber U, Shellhammer TH. 2001. High-pressure processing of orange juice: Combination treatments and a shelf life study. *J Food Sci*, 66: 332-336.

60. Dunn JT. 2001. Pulsed Electric Field Processing: An Overview, in Pulsed Electric Fields in Food Processing; Fundamental Aspects and Applications, ed. Barbosa-Canovas GV, Zhang QH, Technomic Publishing Co., Lancaster, pp 1-30.
61. Dovenspeck H. 1960. Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung der Einzelnen Phasen aus dispersen Systemen, German patent, DE 1237541.
62. Töpfl S. 2006. Pulsed Electric Fields (PEF) for permeabilization of cell membranes in food- and bioprocessing - applications, process and equipment design and cost analysis, Ph. D. Dissertation, Technischen Universität Berlin, 180 p.
63. Heinz V, Toepfl S, Knorr D. 2003. impact of temperature on lethality and efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment, *Innovative Food Sci Emerging Tech.* 4: 167-175.
64. Picart L, Cheftel JC. 2003. Pulsed electric fields. Zeuthen P. ve B gh-S rensen L (Ed.), Food preservation techniques, CRC Press, USA.
65. Devlieghere F, Vermeiren L, Debevere J. 2004. New preservation technologies: possibilities and limitations. *Int Dairy J*, 14 (4): 273-285.
66. Jeyamkondan S, Jayas D S, Holley R A. 1999. Pulsed electric field processing of foods: A review. *J Food Prot*, 62(9), 1088-1096.
67. Ade-Omowaye BIO, Angersbach A, Taiwo KA, & Knorr D. 2001. Use of pulsed electric field pre-treatment to improve dehydration characteristics of plant based foods. *Trends in Food Sci and Technol*, 12: 285-295.
68. Knorr D, Angersbach A. 1998. Impact of high intensity electric field pulses on plant membrane permeabilisation. *Trends in Food Sci and Technol*, 9: 185-191.
69. Knorr D, Geulen W, Grahl T, & Sitzmann W. 1994. Food application of high electric field pulses. *Trends in Food Sci and Technol*, 5: 71-75.
70. Elez-Martinez P, Martínez-Belloso O. 2007. Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. *Food Chem*, 102, 201-209.
71. Jia M, Zhang QH, Min DB. 1999. Pulsed electric field processing effects on flavor compounds and microorganisms of orange juice. *Food Chem*, 65: 445-451.
72. Toepfl S, Heinz V, Knorr D. 2007. High intensity pulsed electric fields applied for food preservation. *Chem Eng Processing*, 46 (6): 537-546.
73. Barbosa-Canovas GV, Pothakamury UR, Palou E, Swanson BG. 1998. Nonthermal preservation of foods. New York: Marcel Dekker. pp. 53-112.
74. Sizer CE, Balasubramaniam VM. 1999. New intervention processes for minimally processed juices. *Food Technol*, 53(10): 64-67.
75. Zhang QH, Streaker CB, Yeom HW. 2002. Design, construction and evaluation of a sanitary pilot plant system pulsed electric field, in Eng and Food for the 21st Century, Edited by Welti-Chanes AJ, Barbosa-Cánovas GV, & Aguilera JM. CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 795-808.
76. Rodrigo D, Arranz JI, Koch S, Frígola A, Rodrigo MC, Esteve MJ, et al. 2003. Physicochemical characteristics and quality of refrigerated Spanish orange-carrot juices and influence of storage conditions. *J of Food Sci*, 68(6), 2111-2116.
77. Aguilo´ -Aguayo I, Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martínez-Belloso O. 2009. Changes in quality attributes throughout storage of strawberry juice processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *Food Sci Technol*, 42: 813-818.
78. Cortés C, Esteve M J, Frígola A. 2007. Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control*, 19: 151-158
79. Rivas A, Rodrigo D, Martínez A, Barbosa-Canovas GV, Rodrigo M. 2006. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical- chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *Swiss Society of Food Sci and Technology*, 39: 1163-1170.
80. Jaeger H, Janositz A & Knorr D. 2010. The Maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging technologies. *Pathologie Biologie, Paris*, 58(3): 207-213.
81. Aguilo´ -Aguayo I, Soliva-Fortuny R, Martínez-Belloso O. 2009. Avoiding non-enzymatic browning by high-intensity pulsed electric fields in strawberry, tomato and watermelon juices. *J Food Eng* 92: 37-43.
82. Cserhalmi Z, Sass-Kiss A´ , Toth-Markus M, Lechner N. 2006. Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovative Food Sci Emerg Technol*. 7(1-2):49-54.