

UHT Sterilizasyon Yöntemlerinde Isının Sütün Bünyesine Etkisi

Dr. Rıza KİBAR

Fınar Süt Mamulleri San. A.Ş.
Teknik Müdürü

Isıl işlemler, insanoğlunun besin ürünlerinin dayanıklılığını arttırmak için kullandığı yöntemler içinde en önemlilerinden biridir. Özellikle, süt gibi gerek kimyasal bileşimi yönünden, gereksede mikrobiyolojik faaliyetler için çok elverişli su aktivite oranı ile yüksek PH'lı ürünler, ancak ısıl işlemler sonucu belli bir dayanıklılık kazanıp daha geniş bir tüketici zümresine yararlı olabilmektedirler. Isıl işlemin amacı, sütün bozulmasında ana etkeni meydana getiren mikrobiyolojik faaliyetlerin durdurulmasıdır. Her ısıl işlem aynı zamanda sütün besi unsurunu oluşturan maddeler üzerinde de termik parçalama denilen bir etkiye yapar. İşte bugünkü modern süt teknolojisi ve mühendisliğinin ana hedefi sütün dayanıklı ve halk sağlığına zararsız bir hale getirirken besi değerindeki azalmaları en düşük seviyede tutmaktır. Günümüzde, içme sütünün uygulanan teknolojik ısıl işlemleri;

a) Pastörizasyon

b) Sterilizasyon

diye iki ana gruba ayırabiliriz.

Pastörizasyon, kısaca sütün içinde üreyebilen mikroorganizmaların bir kısmını etkisiz hale getiren bir işlemdir. Etkisiz hale gelen mikroorganizmalar için kıstas patojen yani halk sağlığını tehlikeye atan cinslerdir. Örneğin, Malta hummasına yol açan Coxiella Burnettii gibi.

Tüm mikroorganizmalar yok olmadığı için bu işlem ancak ikinci bir koruma yöntemi ile sütün ömrünü sınırlı uzatabiliriz. Bu yöntem sütün soğuk zincir içinde saklanmasıdır.

Sterilizasyon, ise sütün içinde çoğalabilir tüm mikroorganizmaların yok edilmesini amaçlar. Burada çoğalabilir mikroorganizma deyimini açmakta yarar vardır. Çoğalabilir mikroorganizma gelişmesi için optimal koşullarda üreyebilen bir mikroorganizmadır. Bazı mikroorganizmalar ve onların sporları çok yüksek ısı işlemlerine dayanabilirler. Sterilizasyon işlemi esnasında bu mikroorganizmalarında yok edilmesini hedef almak, sütün besi değeri yönünden büyük kayıplara uğratacaktır. Bu nedenle modern süt teknolojisinde steril süt üretimi amaçlanmaz. Sterilizasyon sonucu elde edilen üründe dormant halde mikroorganizma ve onların sporları kalabilir, fakat bunlar depolama şartları içinde, sütün içinde çoğalamayacakları için bu yönteme «Ticari Sterilizasyon» denir.

Isıl işlemin sütün bünyesine etkilerini incelemeyen önce bu işleme temel teşkil eden bazı teorik kavramların açıklanması gerekir.

Süte tatbik edilen zaman/ısı şeklinin etkilerini incelerken, çeşitli kinetik parametreler kullanılır.

Temelde iki parametre bu incelemeler için yeterlidir.

Bunlar :

- Belli bir ısıda bakteri ölüm hızı ile besin unsurlarının termik parçalanma hızı,
- Bu parçalanma veya ölüm hızının ısı ile değişkenliğidir.

Bakterilerin belli bir ısıda ölümü 1. dereceden monomoleküler bir reaksiyon olup bu reaksiyonun kinetik denklemi ile soyutlanır.

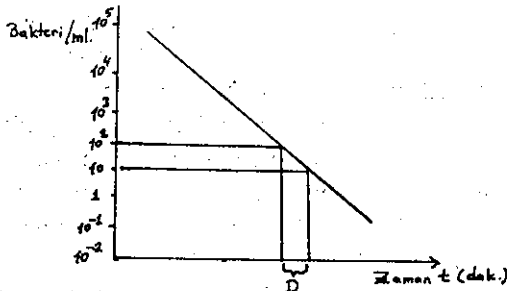
$$\frac{dN}{dt} = -KN \text{ veya}$$

t = 0 için N_0 başlangıç bakteri sayısı
t için t zamanı bakteri sayısı
k = reaksiyon hızı sabiti (dak. $^{-1}$)

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kt} \text{ veya } t = \frac{2.3}{k} \log \frac{N_0}{N}$$

Genellikle gıda mikrobiyolojisinde başlangıç bakteri sayısını belli bir ısıda 1/10 a indirmek için gerekli zamana, o bakterinin D — değeri denir. (Şekil 1) Şu halde

$$D = \frac{2.3}{k} \text{ olarak tanımlanabilir.}$$



Şekil 1.

Bakterilerin D değerleri ortamın PH, redox potansiyel ve kimyasal kompozisyonu gibi faktörle değişebilir. Bazı bakterilerin 121°C de ölçülmüş D_{121} değerleri şöyledir;

		D_{121}
Clostridium Botuulum	pH 7 de	12.25 s.
Clostridium		
Sporogenes	pH 7 de	100 s.
Bacillus		
Stearothermophilus	pH 7 de	400 s.
Staphylococcus		
Enterotoxin B	pH 6.4 - 6.6	564 s.
Vejetatif		
Bakteriler	D_{65}	≤ 35 s.

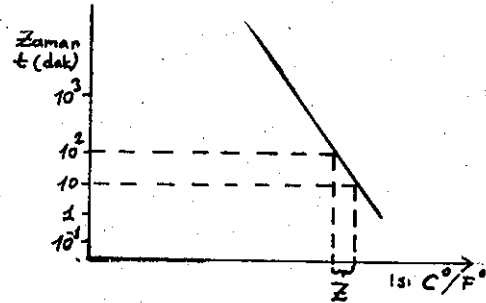
İkinci parametre ise k veya D değerlerinin ısı ile değişme katsayılarıdır.

Genel temel reaksiyon kinetiği K'nın ısı ile değişmesini Arrhenus denklemi ile belirler.

$$K = Ae^{-E_a/RT}$$

A = Deneysel sabite
T = Isı (absolüt)
 E_a = Aktivasyon Enerjisi
R = Gas sabitesi

Şu halde her bakteri için spesifik olan E_a (Kcal/mol) değeri bakterinin ısı ile öleme hızlarının, nasıl etkilendiğini belirler. Gıda mikrobiyolojisinde yerleşmiş daha yaygın bir parametre ise bakterinin Z değeridir. (Şekil 2)



Şekil 2.

Z değeri bakteri D değerinin 10 defa artması için gerekli olan ısı yükselmesini °C veya °F cinsinden belirleyen parametredir.

E_a ile Z arasındaki bağlantı şöyle yazılabilir;

$$E_a = \frac{2.3 RT \text{ Tref}}{Z} \quad (9/5)$$

Şimdi bu teorik açıklamalardan sonra bazı bakteri gruplarının ve gene 1. dereceden bir reaksiyon kabul edilen vitamin, enzim, protein parçalanmaları ve maillard reaksiyonları gibi ısı işlemi sonucu ortaya çıkan reaksiyonların Z, E_a ve D değerlerini karşılaştıralım. (Tablo 1)

Tablo 1

	Z (°F)	E_a (kcal/mol)	D_{121} (dak)
Vitamin parçalanmaları	45 - 55	20 - 30	100 - 1000
Renk, yapı ve tad değişik.	45 - 80	10 - 30	5 - 500
Enzim parçalanmaları	12 - 100	12 - 100	1 - 100
Sporsuz bakteriler	8 - 12	100 - 120	0.002 - 0.02
Sporlar	12 - 22	53 - 83	0.1 - 5.0

Tablonun incelenmesi iki önemli sonucu ortaya çıkarmaktadır.

1) Sütün besî değerine etki eden vitamin parçalanmaları ile renk, yapı ve tadına etki eden kimyasal değişiklikler sporlu ve sporsuz bakterilerin ölümü için gerekli zamanlardan 10^5 misli daha fazla zamanlarda gerçekleşebilmektedirler. Pastörize ve sterilize tesislerinin bakteri ve spor sayılarının 10^5 ile 10^{12} arası indirmek için dizayn edildikleri düşünülürse şayet bu farklılık olmasa idi, ısı işlemlerin sütleri besî ve tad yönünden içilmeyecek hale sokabilecekleri şüphesiz idi.

2) Vitamin parçalanmaları ile kimyasal değişiklik hızlarının bakterilerin ölüm hızlarından çok daha değişik bir ısı değişkenliğine sahip oluşlarıdır. Şöyle ki, sporlu bakterilerin ölme hızları her 20°F de 10 defa artarken vitamin ve kimyasal parçalanma olayının hızı her 50°F de 10 defa artmaktadır. Diğer bir deyimle kimyasal reaksiyonların aktivasyon enerjisi, bakteri ölüm reaksiyonlarından daha alçaktır.

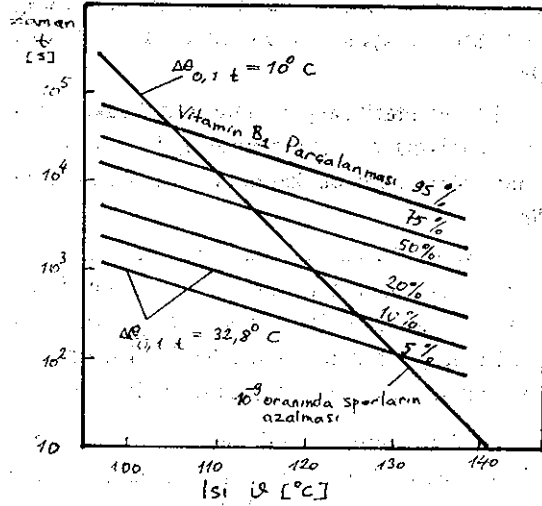
Şu halde aynı oranda bakteri öldürebilmek için daha yüksek ısılarla çıkıp zaman kısaltmak sütün besî ve tad unsurlarını daha iyi koruyabileceklerdir.

Bu durumu, Clostridium sporlarının 10^{-9} oranında azaltmak için kullanılan zaman-ısı çizelgesi ile gene aynı yerde gösterilen Vitamin B₁ in 5-10-20-50-75-95 % oranlarında parçalanma doğruları ile karşılaştırınca daha açık görebiliriz. (Şekil 3)

110°C ve 10^4 s. yede vitamin B₁ in % 75'i parçalanırken, 140°C ve 10 s. yede aynı oranda yani 10^9 oranında bakteri ölürken Vitamin B₁ kaybı % 5 in altına düşmektedir.

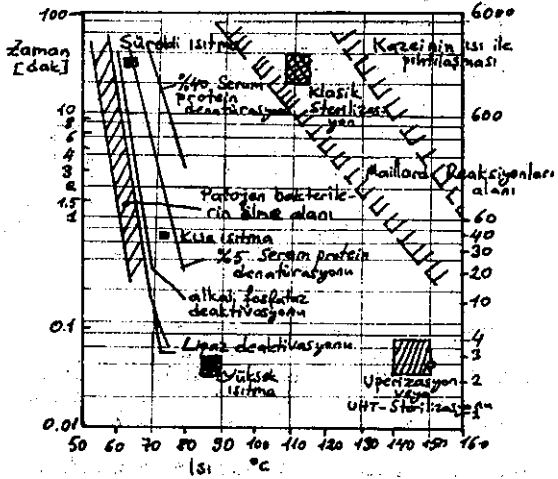
Isıl işlemlerin işte bu bilimsel etüdüleri, içme sütü teknolojisinde UHT adı ile tanımlanan Ultra-High-Temperature yani Ultra - Yüksek Isı yönteminin kullanılmasına yol açmıştır. Düşük ısı, yüksek zaman yerine, 140 - 145°C gibi çok yüksek ısı fakat 2-4 saniye gibi kısa zaman kavramı, hem istenilen bakteri ölümünü

sağlamış, hem de sütün besî değerini büyük ölçüde muhafaza etmiştir.



Şekil 3.

Çeşitli ısı yöntemleri ile sütün bünyesinde ısı işlemi sonucu meydana gelen değişiklikleri gösteren zaman-ısı çizelgesi Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4.

Halen pastörize işlemi için 3 ayrı ısı-zaman kombinasyonu mevcuttur. Bunlar;

62°-65°C	1/2 saat
71°-74°C	40 Saniye
85°-90°C	2-4 Saniyedir.

Her üç yöntemde de patojen bakteriler ölmekte, lipaz ve alkali fosfatat-enzimlerin parçalanmakta ve % 5 oranında serum proteinleri denatüre olmaktadır.

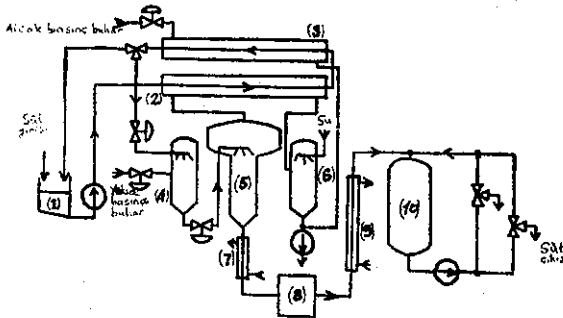
Sterilizasyon yöntemleri ise iki ana grupta toplanmaktadır. Bunlar :

Klasik Sterilizasyon 110 - 115°C da 20 - 40 Dak.
UHT Sterilizasyon 140 - 150°C da 2 - 4 San. dir.

Klasik sterilizasyon, Maillard Reaksiyonlarının başlama sınırına girmekte, hem renk koyulaşmakta, hem de karamela tadı belirlemektedir.

UHT sterilizasyonu ise bütün bu reaksiyonların dışında kalmakta fakat % 40 oranında bir serum proteinleri denatürasyonuna uğramaktadır. Diğer yönden tüm ısıl işlemler kazeinin ısı ile pıhtılaşma sınırına ulaşamamaktadırlar.

UHT yönteminde teknolojik sorun sütün aniden 140 - 145°C e yükselip bu ısılarda 2 - 4 san. kalmasıdır. Sütün buharla karıştırılması sonucu dolaysız bir ısı transferi ile sağlanan bu şartları, ki buna direk sistemler denilmektedir, içeren bir tesis, Şekil 5'de gösterilmiştir. Bunun yanında ısıtma dolaylı, yani



- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1. Dengeleme tankı | 6. Kondanser |
| 2. Ön ısıtıcı | 7. Soğutucu |
| 3. Ön ısıtıcı | 8. Aseptik homojenizatör |
| 4. Isıtma odası | 9. Buzlu su soğutucusu |
| 5. Ekspansiyon odası | 10. Aseptik tank |

Şekil 5. Poasch - Silkeborg Palarisatörünün akış şeması

bir ısı eşanjörü veya plakalı pastör cihazları ile de gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemlere de endirek sistemler denmektedir. Isı transferinin daha geç ve yavaş olduğu bu sistemler sütün bünyesini daha fazla etkilemektedirler.

UHT Sterilizasyon yönteminin temel prensiplerinin ve teknolojik durumunu kısaca gördükten sonra bu işlemde kullanılan ısıların sütün bünyesine yaptığı etkileri inceleyelim.

1. Süt Yağına Etkileri

Isıtılmış sütlerde az miktarda Hydroxy yağ asitlerinden kaynaklanarak laktonlar ve bazı Methyl - Koton cinsli carbonyl bileşikleri oluşmaktadır. Bu bileşikler zehirli olmayıp sadece sütün tadını etkilemektedirler. UHT sütlerinde literatürde ender olarak doymamış esansiyel yağ asitlerinin de az miktarda kayıplara uğradığı bildirilmektedir.

2. Süt Proteinlerine Etkileri

Isı işlemi sonucu süt proteinlerinde belli oranda bir denatürasyon meydana gelmektedir. Besin fizyolojisi yönünden bu denatürasyon olumsuz olarak nitelendirilemez. Zira reaksiyon sonucu proteinin segunder strüktürünün değişmesine yol açar fakat peptid bağları parçalanmaz.

Sütün en önemli proteini kazein, ısıya çok dayanıklıdır. Isı ile kazeinin pıhtılaşması 125°C de 60 dak.ya varan bir işlemi gerektirmektedir. Buna karşılık serum proteinleri ısıl işlem sonucu kolaylıkla denatüre olabilmektedirler. Serum proteinleri globulin - serum albumin - B-lactoglobulin ve α -lactalbumine doğru giderek artan bir ısı dayanıklılığına sahiptirler. Serum proteinleri pastörize sütte % 10 oranında denatüre olurken bu oran UHT sütünde % 50 - 90 arasına çıkmaktadır. (Alt sınır direk, üst sınır endirekt sistemlerde).

Süt proteinlerinin yüksek biyolojik değeri içerdikleri esansiyel amino asitlerine bağlıdır. Şu halde ısıl işlemlerin bu bileşimlere yaptıkları etki sütün besin değerini dolaysız etkileyecektir. Aşağıdaki tabloda amino asit lysin'in çeşitli ısıl işlemlerde uğradığı kayıplar görülmektedir.

Isıl İşlem	Lysin Kayıpları %
Pastörize	1 - 2
UHT	3 - 4
Kaynatma	5
Sterilize	6 - 10

Gerek pastörize, gereksede UHT Sterilize işlemi Lysin çok düşük oranlarda bir kayıba uğramaktadır. Buna karşılık düşük ısı ve yüksek zamanlarda gerçekleşen klasik sterili-

zasyon ve kaynatma sütün bünyesinde % 5 - 10 arası bir Lysin kaybına yol açmaktadır.

İkinci önemli bir konuda daha önce söylendiği gibi denatürasyonun proteinlerin besi değerini azaltmadığıdır. Zira denatürasyon sonucu gevşiyen protein yapısı mide enzimleri tarafından daha rahat ulaşılabilir ve parçalanabilir hale gelmektedir. Ayrıca denatüre olmuş proteinlerin midede ince pıhtılar halinde çökmeleri enzim faaliyetine büyük ölçüde arttırıp, hazmı kolaylaştırmaktadır. UHT sütünün biyolojik değerinin tam olduğu farelerde yapılan deneyler sonucunda bilimsel olarak belirlenmiştir. % olarak fare vücudunun N-miktarı artmasının yem ile verilen N-miktarına oranına üretken protein değeri denilmektedir. Bu değer UHT sütünde çiğ süt değerinin % 96 - 97 sine ulaşmaktadır. Isının süt proteinlerine diğer bir etkisi de kükürt içeren amino asitlerinden H₂S, Merkaptan ve Sulfidler şeklinde sülfidril gruplarının açığa çıkmasıdır. Bu olay özellikle B-Laktoglobulinde görülmektedir. Bunun sonucu UHT sütlerinde pişmiş tad denilen bir tad oluşmakta ve sütün redox potansiyeli indirgenmektedir. Yalnız SH-gruplarının kısa sürede oksitlenmesi sonucu bu tad 1-2 gün içinde ortadan kalkmaktadır.

3. Laktoza Etkisi (Maillard Reaksiyonları)

Maillard reaksiyonları diye tanımlanan reaksiyonlar amino asitlerin serbest amino grupları ile süt şekerinin indirgeyici aldehid grupları arasında oluşmaktadır. İkinci aşamasında bu kondensasyon reaksiyon kahverengi ve siyah renkli «Melanoid» adı verilen pigmentlerin oluşmasına yani sütün esmerleşmesine yol açmaktadır. Bu reaksiyonlar sonucu Hydroxymethyl furfurol gibi tadı etkileyen bileşimlerde oluşmaktadır. Ayrıca Lysin gibi amino asitlerin serbest amino gruplarında bloke olması biyolojik değeri düşürmektedir.

Daha önceden belirtildiği gibi UHT yönteminde seçilen ısı-zaman kombinasyonu Maillard reaksiyonlarının başlamasını önlemektedir. Sadece endirek UHT yöntemlerinde daha fazla bir HMF oranı sütte saptanmıştır.

4. Mineral Maddelere Etkileri :

Isıtma sonucu sütün bünyesindeki çözülebilir Ca ve P oranı azalmaktadır. Bu azalma UHT sütünde % 50 oranına kadar çıkmaktadır. Fakat yapılan incelemeler bu olayın sütün besi değerine bir etkisi olmadığını ve bu durumda bile Ca'un bünyeye alınabileceğini ortaya koymuştur.

5. Vitaminlere Etkileri :

Yağ fazında eriyen vitaminler, A, D, E, K, ile B-kompleks vitaminleri, Riboflavin, Pantothenik asit, Biotin ve Niacin ısı işlemlerden zarar görmezler.

Buna karşılık Thiamin (B₁), Pyridoxin (B₆), Cobalamin (B₁₂) Folik asit ve Askorbik asit ısı ile kolay etkilenebilen vitaminlerdir. Bu vitaminlerin muhtelif ısı işlemler sonucu uğradıkları kayıplar Tablo 2'de gösterilmiştir;

Gerek pastörize ve gerekse UHT ısıtma yöntemleri sonucu ısıya az dayanıklı bu vitaminlerde cüzi bazı kayıplar meydana gelmektedir. % 10-20 arasında olan bu kayıplar direk yöntem ile çalışan UHT sistemlerinde alt sınırdaki, indirek yöntemlerde ise üst sınırdaki bulunmaktadır.

Klasik sterilizasyon yani daha düşük ısı, daha uzun süre kullanan yöntemde ise vitamin kayıpları büyük ölçülere ulaşmaktadır. Bu durum konuşmanın başında yaptığım teorik açıklamaların pratikte nasıl doğrulandığını göstermektedir.

Askorbik asitin parçalanması ise daha ziyade ortamın O₂ miktarına bağlıdır. Burada da

Tablo 2.

Isıl İşlemler	Thiamin B ₁	Pyridoxin B ₆	Cobalamin B ₁₂	Folik Asit	Ascorbik. Asit
Pastörize	< 10	0 - 5	< 10	5	5 - 15
Kaynatma	10 - 20	5 - 8	20	15	15 - 20
UHT	5 - 15	10	10 - 20	10 - 20	10 - 20
Klasik Sterilize	30 - 40	10 - 20	80 - 100	40 - 50	30 - 50

direk UHT yöntemi, ortamın O₂ miktarını 1 ppm'in altına düşürdüğünden sadece % 10 kadar bir vitamin kaybına yol açarken, bu sayı indirek sistemlerde 2 misline çıkmaktadır.

Bütün bu açıklamalardan sonra görüldüğü gibi Modern Süt Teknolojisi kendine verilen görevi yerine getirmiş dayanıklı bir içme sütü

türü geliştirirken gerek besi değeri ve gerekse de görünüm ve tad yönünden de tüketici tarafından reddedilmeyecek bir ürün ortaya koymuştur. Özellikle ülkemizde de bu yeni süt ürününün kısa zamanda büyük başarı kazanması ve bir çok tesislerde üretilmesi çok sevindiricidir.

TUBORG... özellikle!



yeni ajans