

# Gıda Teknolojisinde Reaksiyon Kinetiği

**Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ**

© Copyright 2020

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

**ISBN**

978-625-7106-89-4

**Kitap Adı**

Gıda Teknolojisinde Reaksiyon Kinetiği

**Yazar**

Nesimi AKTAŞ

**Yayın Koordinatörü**

Yasin Dilmen

**Sayfa Tasarımı**

Akademisyen Dizgi Ünitesi

**Yayıncı Sertifika No**

47518

**Baskı ve Cilt**

Vadi Matbaacılık

**Bisac Code**

TEC012000

**DOI**

10.37609/akya.1247

**GENEL DAĞITIM**

**Akademisyen Kitabevi A.Ş.**

*Halk Sokak 5 / A*

*Yenişehir / Ankara*

*Tel: 0312 431 16 33*

*siparis@akademisyen.com*

**www.akademisyen.com**

## ÖNSÖZ

Bu kitap, ilk olarak Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları içerisinde 2008 yılında bastırılmıştır. Bu baskıda bazı bölümlere eklentiler yapılmış, düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Kitap, Gıda Mühendisliği bölümlerinde okutulmakta olan Reaksiyon Kinetiği dersine ait temel bir Türkçe kaynak oluşturmaya yönelik hazırlanmıştır. Kitapta kinetiğin temel prensipleri üzerinde durulduktan sonra, kinetiğin gıda teknolojisindeki uygulama alanları örnek soru ve çözümleriyle gösterilmeye çalışılmıştır. Gözden kaçan eksik ve yanlışlıklardan dolayı kitabın haklı eleştirilere açık olacağını ve daha sonraki basımlarda bunlara yer verileceğini açık yüreklilikle belirtmek isterim.

Kitabın ülkemizdeki Gıda Mühendisliği öğretimine yararlı olmasını ümit eder, yetişmemin her kademesinde emeği geçmiş kişilere, özellikle aile büyüklerime ve hocalarıma, kitabın basım-yayınlanmasını temin eden Akademisyen Kitabevine teşekkür ederim.

**Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ**

*Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi  
Gıda Mühendisliği Bölümü*

Ağustos, 2020, Nevşehir



# İÇİNDEKİLER

## BİRİNCİ BÖLÜM TEMEL KAVRAMLAR VE EŞİTLİKLER

1.1. Kinetiğin Tanımı ve Kapsamı .....	1
1.2. Gıda Biliminde Kinetik Modelleme.....	2
1.3. Reaksiyon Hız Teorileri .....	3
1.4. Reaksiyon Hızı, Tükenme ve Oluşum Hızları .....	8
1.5. Yarılanma Süresi .....	10
1.6. Molekülerite .....	10
1.7. Reaksiyon Mertebesi .....	12
1.7.1. 0. Mertebe Reaksiyonların Kinetiği .....	15
1.7.2. 1. Mertebe Reaksiyonların Kinetiği .....	18
1.7.3. 2. Mertebe Reaksiyonların Kinetiği .....	23
1.7.4. Ürün Konsantrasyonunun Hız Belirleyici Olduğu Reaksiyonlar .....	26
1.8. Reaksiyon Tipleri.....	28
1.8.1. Tek Moleküllü Reaksiyonlar .....	28
1.8.2. İki Moleküllü Reaksiyonlar .....	29
1.8.3. Üç Moleküllü Reaksiyonlar .....	30
1.8.4. Elementer Olmayan Reaksiyonlar.....	30
1.8.4.1. Ardışık (Consecutive) Reaksiyonlar.....	34
1.8.4.2. Dönüşümlü Reaksiyonlar .....	36
1.8.4.3. Yarışmalı Reaksiyonlar .....	37
1.9. Reaksiyon Hızına Etki Eden Faktörler .....	38
1.9.1. Reaksiyon Hızının Konsantrasyona Bağlılığı .....	38
1.9.2. Reaksiyon Hızına Sıcaklığın Etkisi .....	39
1.9.3. Reaksiyon Hızına Su Aktivitesinin Etkisi.....	52

1.9.4. Reaksiyon Hızına Oksijen Kullanılabilirliğinin Etkisi .....	55
1.9.5. Reaksiyon Hızına Basıncın Etkisi.....	56
1.9.6. Işığın Şiddeti ve Dalga Boyunun Reaksiyon Hızına Etkisi .....	59
1.9.7. Viskozite ve İyonik Şiddetin Reaksiyon Hızına Etkisi.....	60

## İKİNCİ BÖLÜM

### TERMAL PROSES HESAPLAMALARI

2.1. Mikroorganizmaların Gelişim ve İnaktivasyon Kinetikleri .....	63
2.2. Desimal Azalma Zamanı (D Değeri).....	66
2.3. Termal Direnç Sabiti (z Değeri) .....	73
2.4. Termal Ölüm Zamanı (F Değeri).....	76
2.5. Bozulma İhtimali.....	78
2.6. $Q_{10}$ Değeri.....	80
2.7. Termal Proses Parametreleri ve Kimyasal Kinetik Arasındaki İlişki.....	81
2.7.1. Desimal Azalma Zamanı (D) ve Hız Sabiti (k) Arasındaki İlişki .....	81
2.7.2. $Q_{10}$ ve Termal Direnç Sabiti (z) Arasındaki İlişki.....	82
2.7.3. Aktivasyon Enerjisi ( $E_a$ ) ve Termal Direnç Sabiti (z) Arasındaki İlişki.....	83
2.7.4. $Q_{10}$ ve Aktivasyon Enerjisi ( $E_a$ ) Arasındaki İlişki.....	85

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### ENZİM KİNETİĞİ

3.1. Enzim Katalizli Reaksiyonların Hızını Etkileyen Başlıca Faktörler.....	93
3.1.1. Enzim Konsantrasyonu .....	93
3.1.2. Substrat Konsantrasyonu.....	94
3.1.3. Sıcaklık.....	95
3.1.4. pH.....	95
3.2. Kataliz Olayı.....	96

3.3. Enzim Katalizli Reaksiyonların Kinetiği, Michaelis-Menten Eşitliği.....	100
3.4. İnhibisyon Çeşitleri.....	106
3.4.1. Yarışmalı İnhibisyon .....	106
3.4.2. Yarı Yarışmalı İnhibisyon .....	110
3.4.3. Yarışmasız İnhibisyon.....	111
3.5. Enzim Kinetik Verilerini Grafik Etme Metotları ve Michaelis-Menten Eşitliğinde Bazı Transformasyonlar .....	113
3.5.1. Lineweaver-Burk Eşitliği .....	113
3.5.2. Woolf Eşitliği.....	115
3.5.3. Hofstee Eşitliği.....	116
3.6. Enzim Kinetiği İle İlgili Örnek Problemler .....	117

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM GIDA BİLEŞENLERİNİN KİNETİĞİ

4.1. Vitaminler .....	131
4.1.1. Suda Çözünebilir Vitaminler.....	131
4.1.1.1. Vitamin C (Askorbik Asit).....	131
4.1.1.2. Vitamin B <sub>1</sub> (Tiamin) .....	133
4.1.1.3. Vitamin B <sub>2</sub> (Riboflavin).....	135
4.1.1.4. Vitamin B <sub>6</sub> .....	136
4.1.1.5. Vitamin B <sub>12</sub> (Siyanokobalamin) .....	137
4.1.1.6. Folatlar (Fiterolpoliglutamatlar) .....	137
4.1.1.7. Pantotenik Asit.....	139
4.1.1.8. Biotin .....	139
4.1.2. Yağda Çözünebilir Vitaminler .....	139
4.1.2.1. Vitamin A.....	139
4.1.2.2. Vitamin D .....	141
4.1.2.3. Vitamin E .....	142
4.1.2.4. Vitamin K.....	144
4.2. Pigmentler .....	144

## *İçindekiler*

---

4.2.1. Klorofiller .....	144
4.2.2. Antosiyaninler .....	147
4.2.3. Betalainler .....	147
4.2.4. Karotenoidler .....	149
4.2.5. Miyoglobın .....	149
4.2.6. Enzimatik Olmayan Kahverengileşme .....	152
Dizin.....	197
Kaynaklar.....	199



## KAYNAKLAR

- Altınata, T., Akçay, H., Nişli, G., Anıl, H., Avcıbaşı, H., Balköse, D., Çelebi, S., Henden, E., Toprak, M., Tosçalı, D. ve Yenigül, B. 1989. Modern Üniversite Kimyası. İkinci Cilt. (Çeviri: Mortimer, C. E). Çağlayan Kitapevi, Beyoğlu, İstanbul.
- Berk, Z. 2009. Food Process Engineering and Technology. Elsevier, New York, USA.
- Earle, M. and Earle, R. 2003. Fundamentals of Food Reaction Technology. Leatherhead Food International. Leatherhead, England.
- Fellows, P. 2000. Food Processing Technology. Second Edition. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Fennema, R. 1985. Food Chemistry. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Gökalp, H. Y., Nas, S. ve Certel, M. 1996. Biyokimya-1. Temel Yapılar ve Kavramlar. Genişletilmiş İkinci Baskı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları: 001, Denizli.
- Heldman, D. R. and Hartel, R. W. 1997. Principles of Food Processing. Chapman and Hall Inc., New York, USA.
- Heldman, D. R. 2011. Food Preservation Process Desgin. Elsevier Inc., USA.
- Horton, H. R., Moran, L. A., Ochs, R. S., Rawn, J. D. and Scrimgeour, K. G. 1993. Principles of Biochemistry. Neil Patterson Publishers Prentice Hall Inc., New Jersey, USA.
- Judge, M. D., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrick, H. B., Merkel R. A. 1989. Principles of Meat Science. Kendel/Hunt Publishing Company, Iowa, USA.
- Ling, B., Tang, J., Kong, F., Mitcham, E. J., Wang, S. 2015. Kinetics of food quality changes during thermal processing: A Review. Food and Bioprocesses Technology, 8:343-358.
- Ockerman, H. W. 1983. Chemistry of Meat Tissue. The Ohio State University and The Ohio Agricultural Research and Development Center. Ohio, USA.
- Owusu-Apenten, R. 2005. Introduction to Food Chemistry. CRC Pres, New York, USA.
- Richardson, T. and Finley, J. W. 1985. Chemical Changes in Food During Processing. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, USA.
- Segel, I. H. 1968. Biochemical Calculations. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
- Simith, P.G. Introduction to Food Process Engineering. Kluwer Academic. New York, USA.
- Singh, R. P. and Heldman, D. R. 1993. Introduction to Food Engineering. Second Edition. Academic Press Inc., New York, USA.
- Toledo, R. T. 1991. Fundamentals of Food Process Engineering. Second Edition. Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- van Boekel, M. A. J. S., Tjjskens, L. M. M. 2001. Kinetic modelling. In: Tjjskens, L. M. M., Hertog, M. L. A. T. M., Nicolai, B. M. Edts. Food Process Modelling. CRC Press., USA.
- van Boekel, M. A. J. S. 2008. Kinetic modeling of food quality: A critical review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7: 144-158.
- van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., Somoza, V., Knorr, D., Jasti, P. R., and Eisenbrand, G. 2010. A review on the beneficial aspects of food processing. Molecular Nutrition and Food Research, 54:1215-1247.
- Villota, R. and Hawkes, J. G. 199Earle and Earle, 2003)2. Reaction Kinetics in Food Systems. In: Heldman, D. R. and Lund, D. B. Editors. Handbook of Food Engineering. Marcel Dekker, Inc., 270 Madison Avenue, New York, USA.
- Yıldız, S., Yılmaz, H. ve Kılıç, E. 2005. Fizikokimya. (Çeviri: Atkins, P. W.). Bilim Yayıncılık, Ankara.
- Walstra, P. 2003. Physical Chemistry of Foods. Marcell Dekker, Inc., New York, USA.