



TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**GIDA MADDELERİNDE AMİNO ASİT VE  
SUDA ÇÖZÜNEN VİTAMİN ANALİZLERİNİN  
REVERSE PHASE HPLC İLE YAPILMASI**

1997-588

**PROJE NO: TOGTAG 1482**

Tarım Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu

Agriculture Forestry and Food Technologies Research Grant  
Committee

1995-00214

**GIDA MADDELERİNDE AMİNO ASİT VE  
SUDA ÇÖZÜNEN VİTAMİN ANALİZLERİNİN  
REVERSE PHASE HPLC İLE YAPILMASI**

1997-588

**PROJE NO: TOGTAG 1482**

DOÇ. DR. A. LEVENT BAYINDIRLI  
PROF. DR. SUAT UNGAN  
PROF. DR. ALİ ESİN  
PROF. DR. HALUK HAMAMCI  
ZİNET AYTANGA (KARASOY) ÖKMEN  
NÜZHET ERTUĞAY  
SERPİL ŞAHİN  
GÜLÜM ŞUMNU  
SİBEL SAIN

ŞUBAT 1997  
ANKARA

## ÖNSÖZ

TÜBİTAK tarafından desteklenen TOG TAG 1482 no'lu projemiz Altyapı Destekleme Projesi olup projeden sağlanan destek halen Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde mevcut bulunan Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografi aletinin suda çözünen vitaminlerin öncelikle de C vitamininin tayini analizlerinde kullanılabilmesi için gereken yedek parça ve kimyasal madde alımında kullanılmıştır.

## İÇİNDEKİLER

• Önsöz.....	2
• İçindekiler.....	3
• Tablo ve Şekil Listeleri.....	4
• Öz.....	5
• Abstract.....	6
I. Giriş.....	7
II. Teori.....	9
A. Reaksiyon Hız Sabiti Bulunması.....	9
B. Reaksiyon Hız Sabiti ile Sıcaklık Arasındaki Bağıntının Bulunması.....	10
1. Arrhenius Denklemi.....	10
2. z-değeri.....	10
3. Q <sub>10</sub> -değeri.....	11
C. Isıl İşlemin Kapsamı: F Değeri.....	11
III. Deneysel.....	13
IV. Hesaplamalar.....	14
V. Sonuç.....	18
VI. Referanslar.....	22
VII. Bibliyografik Bilgi Formu.....	23

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Değişik sıcaklıklarda ısı işlem uygulanan C vitamini miktarlarının (g.C) zamana göre değişimi .....	14
Tablo 2. Log(alıkonan % vitaamin C miktarı)nın zamana göre değişimi.....	14
Tablo 3. Vitamin C için değişik sıcaklıklardaki k değerleri kullanılarak log k nin 1/T ile değişimi.....	15
Tablo 4. Log D değerlerinin sıcaklık ile değişimi.....	16
Tablo 5. Isıl işlemden sonra korunan vitamin C yüzdesinin uygulanan ısı işlem sıcaklığı ile değişimi.....	17

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Değişik sabit sıcaklıklardaki alıkonan % vitamin C miktarının logaritmasının zamana karşı değişimi .....	14
Şekil 2. Vitamin C nin reaksiyon hız sabitlerinin logaritmasının 1/T ile değişimi.....	16
Şekil 3. Vitamin C nin log D değerlerinin sıcaklık ile değişimi.....	17

## ÖZ

TOG TAG 1482 no'lu proje kapsamında sağlanan destek ile yürütülen çalışmalar amacına ulaşmış olup sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Proje altyapı destekleme projesi olup sağlanan destek halen Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü aletli analiz laboratuvarında mevcut bulunan Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatograf ( HPLC ) 'ın suda çözünen vitamin analizlerinde kullanılabilmesi için gereken bazı yedek parça ve kimyasal madde eksiklerinin giderilmesinde kullanılmıştır. HPLC ile suda çözünen vitamin analizleri başarı ile yürütülmekte olup Vitamin C analizleri rutin olarak yapılabilir aşamaya gelmiştir. Diğer suda çözünen vitamin analizler için de gerekli alet ve kimyasallar tamamlanmış olup analiz metodu belirleme çalışmaları sürmektedir. Proje kapsamında yapılan çalışmalarda mikrodalga fırın ile uygulanan ısı işlem sonucunda Vitamin C'nin bozunma kinetiği çalışmaları tamamlanmış, sözü edilen proses için birinci-derece reaksiyon kinetiği uygun bulunmuş ve  $k$ ,  $z$  ve  $E_a$  değerleri belirlenmiştir. Bu değerler literatürde bulunan konvansiyonel ısı işlemler için belirlenen değerlerle karşılaştırıldığında mikrodalga fırında uygulanan ısı işlemin daha az vitamin C degradasyonuna neden olduğu saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler: mikrodalga, vitamin C degradasyonu, reaksiyon kinetiği**

## ABSTRACT

The project numbered 1482 supported by Agriculture and Forestry Research Grant Committee of The Scientific and Technical Research Council of Turkey was a substructural support project. Its objective was to supply some of the necessary spare parts for the HPLC which is already present at the Food Engineering Department of M.E.T.U. and to supply some chemicals to be used for the HPLC analysis of water soluble vitamins. The support was used to obtain the spare parts of the pre-column and the guard column used for the analysis of the water soluble vitamins. Also a few chemicals are obtained as use-up materials. Among the water soluble vitamins analysis of vitamin C was set up completely so that its analysis could be done routinely.

The instrumentation for the HPLC determination of the other water soluble vitamins was also completed. A little bit more work has been needed on the method of analysis before the routine collection of data was possible. For this reason, the reaction kinetics of vitamin C which was processed thermally by a microwave oven has been carried out and the results were discussed in scope of this report. It was found that the degradation of vitamin C which was heated by microwaves followed a first-order reaction kinetics and the  $k$ ,  $z$  and  $E_a$  values were calculated. When the results were compared with the  $k$ ,  $z$  and  $E_a$  values found in literature for a conventional heating process of vitamin C it was observed that microwave heating caused less vitamin degradation.

**Key words:** microwave, vitamin C degradation, reaction kinetics

## I. GİRİŞ

Vitaminler insan beslenmesinde önemli bir rol oynayan gıda bileşenleridir. Vitaminlerin büyük bir çoğunluğu çeşitli gıda işleme ve saklama koşullarında bozunmaya yatkındır ve bu yüzden işlenmiş gıdalarda vitamin miktarı belli oranlarda düşüktür. Bazı vitaminler biyokatalist olarak işlev gören enzimlerin yardımcı enzimlerinin ( co-enzyme) bir parçası olarak hareket ederler öyle ki onların yokluğunda enzim biyokatalist işlevini yerine getiremez. Çoğu zaman bu yardımcı enzimler vitaminlerin fosforilat hali olup yağ, protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemli rol oynarlar. Vitaminler suda çözünen ve yağda çözünen olmak üzere iki ana gruba ayrılır ve gıdalarda bulunuş şekli de suda yada yağda çözünme özelliklerine bağlıdır ( Deman, 1980 ).

Vitaminlerin az alınması insan vücudunda yetersiz beslenmeden ileri gelen hastalıklara neden olduğu gibi, gereğinden fazla alınması halinde de aşırı doz zehirlenmelerine sebep olabilir. Bu nedenle gıdalara uygulanan işleme ve saklama koşullarının vitaminler üzerine etkisinin incelenmesi hem işleme ve saklama koşullarının optimize edilmesi açısından hem de gıdanın tüketimi halinde alınacak vitamin dozunun tayini açısından son derece önemlidir.

Gıdaların mikrodalga ile işlenmesi gıda endüstrisinde oldukça yeni bir uygulama olduğundan, gıda işleme koşullarının gıda bileşenleri üzerindeki etkisi yeterince incelenmemişve gerekli bilgi birikimi oluşmamıştır.

Mikrodalgalar havada 1 m. ile 0.1 mm. arasında dalga boyuna sahip yüksek frekanslı radyasyonlardır. Bu radyasyon cinsi saniyede milyonlarca devir yada megahertz ( MHz ) ile ifade edilir ve 300 ile 30 000 MHz arasında frekansa sahiptirler. Mikrodalgalar iyonize eden radyasyondan (X-ray, -ray) çok daha uzun dalga boyuna sahip olduklarından iyonize etmeyen radyasyon olarak sınıflandırılırlar çünkü diğer bileşikleri iyonize edebilecek kadar yüksek enerjiye sahip değildirler.

Konvansiyonel ısıtma metodlarında ısı gıdalara dışarıdan konveksiyon, radyasyon yada kondüksiyon ile uygulanır ve ısı gıdanın içine iletilir. Mikrodalga ile ısıtmada gıda içinde bir takım moleküler titreşimler sonucu ısı açığa çıkar ve gıda maddesi ısınır. Mikrodalga ile ısınma prensibi asimetrik dielektrik moleküllerin kendilerini hızla değişen dalgalı elektrik alanına uyurma çabası ile açıklanabilir. Mikrodalganın yolundaki moleküller saniyede 915 yada 2450 milyon kere değişen elektrik alanına uyabilmek için kendi eksenleri etrafında salınırlar. Bu salınma molekül içi sürtünmeye neden olur bu da ısı oluşumu ile sonuçlanır. Gıda maddeleri ve özellikle suyun yüksek derecede molekül içi hareket gösteren polar maddeler olmaları mikrodalga enerjinin gıdaların işlenmesinde kullanımını sağlamıştır.

Tüm gıda işleme metodları gibi mikrodalga ile işleme sırasında da çeşitli besin değerleri de bazı değişim ve bozunmalara uğramaktadır. Gıda işleme koşullarının belirlenmesi mikrobiyolojik emniyet sınırlarında bir gıda üretilirken kalite faktörlerinin de en yüksek düzeyde tutulması demektir ki bu da oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların modellenmesi ile mümkündür. Mühendislik açısından bir ısıl işlemin kalitesi istenen gıda bileşiklerinin korunması olarak tanımlanabilir. İstlenen gıda bileşikleri renk, koku, yapı ile amino asitler ve vitaminler gibi besin maddeleridir. Gıda bileşiklerindeki ısıl bozunmanın modellenmesi için değişik zaman, sıcaklık, konsantrasyon ve diğer çevre koşullarının incelenmesi ve bu koşullarda verilerin toplanması gerekir. Bu verilerin toplanması da hızlı, basit ve güvenilir sonuç veren gelişmiş analitik metodlar ile mümkündür ( Cross, 1982).



Mikrodalga ile ısıtma işlemi sırasında ısınma hızı ve dağılımı nitelik ve nicelik olarak konvansiyonel ısınmadan farklı olduğundan optimum mikrodalga ısıtma işlemi de optimum konvansiyonel ısıtma işleminden basit bir uzantısı değildir. Bu nedenle mikrodalga ile ısıtma işlemine tabi tutulmuş gıda bileşimindeki konsantrasyon-zaman-sıcaklık değişimleri incelenerek mikrodalga enerjisinin proses sırasında gıda bileşiminde oluşturduğu değişim kinetiğinin modellenmesi mikrodalga ile ısıtma işlemi planlanmasında optimum koşulların belirlenmesi için temel oluşturacaktır ( Datta, 1992 ).

Vitamin analizleri için kullanılan analitik metodlar çeşitli kimyasal metodların yanında genellikle mikrobiyolojik tahliller, enzimatik tahliller, biyolojik aktivite değerlendirme, absorpsiyon ve floresans spektrofotometrik tahliller ve yüksek basınçlı sıvı kromatografi ile yapılan tahliller olarak sınıflandırılabilir. Bu metodların herbirinin avantaj ve dezavantajları olmasına rağmen yüksek basınçlı sıvı kromatograf ( HPLC ) analize hazırlık aşamasında detaylı ve dikkatli bir çalışma gerektirmesine rağmen geliştirilen son yöntemler ve kullanılan gelişmiş kolonlar ile vitamin analizlerinde en hızlı, kesin ve detaylı sonuçları veren metod olma özelliğini göstermektedir.

Vitamin C gıdalarda proses koşullarına en hassas vitaminlerden olması yanında HPLC ile analiz için ekstraksiyon metodu ve analizi en basit olan vitamin olduğundan çalışmalarda mikrodalga ile ısıtma işlemine tabi tutulmuş C vitaminindeki bozunmanın HPLC ile analiz edilerek kinetik parametrelerinin belirlenmesi ile başlanmıştır. Değişik şartlarda mikrodalga ile ısıtma işlemi için k, D, z, E<sub>a</sub> ve F değerleri belirlenmiştir.

## II. TEORİ

Gıda maddelerinin ısıtma işlem ve saklama koşulları önemli miktarlarda vitamin C kaybına neden olmaktadır. Askorbik asit ( vitamin C ) ısıtma işlem ve oksidasyon sonucu kolaylıkla bozunmaktadır ve korunması oldukça zordur. Bu vitaminin bozunmasında rol oynayan diğer faktörler su aktivitesi, nem oranı, pH, özellikle bakır ve demir gibi metal eser maddeler olarak sayılabilir. Vitamin C bozunma reaksiyonu genel olarak birinci-derece reaksiyon kinetiği gösterir. Ancak çok değişik bozunma yollarının var olması sonucu değişik bozunma ürünlerinin oluşması sonuçta vitamin degradasyon hızlarının değişmesine yol açabilmektedir.

Reaksiyonun aerobik yada anaerobik olması, ortam pH'sı, metal katalizörlerin ortamda bulunması gibi faktörler reaksiyon kinetiğini etkileyebildiği gibi birçok durumda sıcaklık artışı askorbik asit bozunma hızında bir artışla sonuçlanır. Gıdalarda vitamin C bozunma hızını yalnızca verilen bir başlangıç konsantrasyonu için ölçmek çok yaygın bir metoddur. Sistem kompozisyonu ve askorbik asit degradasyonu sırasındaki bazı reaksiyonların geri dönüşlü olduğunu göz önüne alırsak, bozunma kinetiği birinci derece reaksiyon kinetiği takip ettiği halde değişik degradasyon hızları gösterebilir. Çalışmalarımızda sabit başlangıç konsantrasyonu ve toplam askorbik asit ölçümleri kullanılmıştır ( Heldman, 1992 ).

### II.A. Reaksiyon Hız Sabiti Bulunması

Birinci-derece (first-order) reaksiyon için hız terimi

$$-\frac{d(C)}{dt} = k.(C) \text{ olarak ifade edilir. (1)}$$

( C ) : herhangi bir t zamanındaki vitamin C konsantrasyonu, g/ml.

k : reaksiyon hız sabiti, 1/dak.

t : reaksiyon zamanı, dak.

Reaksiyon hız terimi olarak verilen eşitlik (1)'in integrasyonu reaksiyon boyutunu (extent of reaction) verir.

$$(C) = (C_0).e^{-kt} \quad (2)$$

Eşitlik (2) nin her iki tarafının logaritması alındığında,

$$\log\left(\frac{C}{C_0}\right) = -\frac{k}{2.303}t \quad (3) \text{ elde edilir.}$$

(C<sub>0</sub>) : başlangıç C vitamini konsantrasyonu.

$\left(\frac{C}{C_0} * 100\right)$  : alıkonan yüzde miktar olarak tanımlanırsa,

$\log\left(\frac{C}{C_0} * 100\right)$  vs t grafiği çizildiğinde bir doğru elde edilmektedir. Bu doğrunun eğimi bize reaksiyon hız sabitini verir.

$$k = -2.303 * egim \quad (4)$$

## II. B. Reaksiyon Hız Sabiti ile Sıcaklık Arasındaki Bağıntı

### 1. Arrhenius Denklemi

Reaksiyon hız sabiti sıcaklık ile değişim gösterir. Sıcaklığın k üzerindeki etkisini incelemek için en klasik metod Arrhenius denklemini uygulamaktır.

$$k = A.e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (5)$$

A : bir sabit

$E_a$ : aktivasyon enerjisi, J/mol

R : gaz sabiti, 1.98 g.cal /mol.K

T : mutlak sıcaklık, K

Arrhenius denklaminin her iki tarafının logaritması alındığında,

$$\log k = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \frac{1}{T} \quad (6)$$

Eşitlik (6) 'da bir doğru denklemi olduğundan, log k vs 1/T grafiği çizildiğinde bir doğru elde edilir. Elde edilen doğrunun ,

$$egim = -\frac{E_a}{2.303R} \quad \text{ve y-ekseni keseni} = \log A \text{ dır.}$$

Arrhenius denklemi kullanılarak değişik sıcaklıklardaki reaksiyon hızları ve incelenen gıda bileşiği için aktivasyon enerjisi hesaplanabilir.

### 2. z-Değereri

Sıcaklık ile k, reaksiyon hızı, arasındaki diğer bir bağıntı z-değeridir. Aynı bakterilerde olduğu gibi TDT (thermal death time=ısil ölme zamanı) grafiği logD vs T olarak çizilebilir. Burada  $D=1/k$  dır. D ve k değerleri aynı maddenin değişik sıcaklıklardaki bozunma hızlarını karşılaştırmak için kullanılır.

LogD vs T grafiğinin eğimi z-değerini verir. Z çizilen eğrinin 1 log devresi için gereken sıcaklık değişimini gösterir ve sıcaklıktaki değişimin neden olduğu ısısal değişim zamanı (TDT) ya da bozunma hızındaki değişimi ölçer.

### 3. Q<sub>10</sub>

Reaksiyon hızı üzerinde sıcaklığın etkisini ifade etmek için üçüncü bir yöntem Q<sub>10</sub> değerinin hesaplanmasıdır. 10 derecelik bir sıcaklık farkındaki hız sabitlerinin birbirine oranıdır.

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} \quad (7)$$

### II.C. Isıl İşlemin Kapsamı: F Değeri

F değeri bir ısıl işlem sırasındaki bozunma miktarını başlangıç ve sonuç vitamin konsantrasyonları ya da sıcaklık-zaman bağıntısı terimleri ile ifade eden değerdir. Herbir kalite faktörü için F değeri ısıl bozunma hızına karşılık gelen z değeri kullanılarak bulunabilir. F değeri ile başlangıç ve sonuç konsantrasyonları bağıntısı kullanılarak ısıl işlem sonunda bozunmadan elde kalan vitamin miktarı yüzde olarak saptanabilir.

Herhangi bir sıcaklıkta, vitamin değerindeki azalmanın ifadesi;

$$\frac{d(\log n)}{dt} = -\frac{1}{D_t} \quad (8)$$

n : g. vitamin C/ ml

D değeri sıcaklığın fonksiyonu olduğundan, D<sub>t</sub> ısıl işlem süresince değişkendir. D<sub>t</sub> ile sıcaklık arasındaki bağıntı;

$$D_t = D_{t_{ref}} \cdot 10^{\frac{T_{ref}-T}{z}} \quad (9)$$

olduğuna göre,

$$d(\log n) = -\left( \frac{1}{D_{t_{ref}} \cdot 10^{\frac{T_{ref}-T}{z}}} \right) dt \quad (10)$$

eşitliği elde edilir.

Eşitlik (10)'un tüm ısıl işlem süresi için integrali alındığında,

t = 0 iken n = a  
t = t iken n = b ise

$$-\int_a^b d(\log n) = \frac{1}{D_{t_{ref}}} \int_0^t \frac{dt}{10^{\frac{T_{ref}-T}{z}}} \quad (11)$$

$$-(\log b - \log a) = \frac{1}{D_{t_{ref}}} \int_0^t \frac{dt}{10^{\frac{T_{ref}-T}{z}}} \quad (12)$$

$$F_{T_{ref}}^z = D_{T_{ref}} \cdot (\log a - \log b) = \int_0^t \frac{dt}{10^{\frac{T_{ref}-T}{z}}} \quad (13)$$

Referans sıcaklıkta kritik noktada meydana gelen mikrobiyel yıkımın aynısının tüm ısı işlem boyunca başarılabilmesi için gereken zaman F ile ifade edilir. C söz konusu olduğunda kritik nokta en yavaş ısınan nokta olduğundan ve diğer noktalardaki ısınma daha fazla olacağından diğer noktalardaki besin kaybı kritik noktadakinin daha fazla olacaktır. Bu gözönüne alınarak her noktadaki kimyasal değişme hesaplanıp birbirine eklenerek toplam kimyasal değişme bulunabilir. Mikrodalga ile ısıtmada ise ısınma maddenin içinde olduğundan daha düzenli bir sıcaklık-zaman dağılımı gözlenir ancak yine de tek bir F (yada C) değeri yerine her noktada gözlenen sıcaklık-zaman değerlerine karşılık gelen F lerden oluşan bir F değerleri aralığı tanımlamak daha sağlıklı olur. Bu çalışmada değişik noktalarda sıcaklık-zaman ölçümleri yapılmadığından, böyle detaylı bir aralık tanımlamak mümkün olmamıştır. C değerinin diğer bir tanımı da referans sıcaklıkta mevcut bulunan konsantrasyonu a değerinden b değerine düşürmek için gereken zamandır. Bu tanım kullanılarak sabit sıcaklıkta belirlenen ısı işlem süresi sonunda korunan vitamin miktarı % olarak bulunabilir ( Merson, 19 ).

### III. DENEYSEL

Başlangıç C vitamini konsantrasyonu 0.02gram /100ml olarak sabit tutularak C vitamini çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler ev tipi White Westinghouse marka mikrodalga fırında ısıtılmıştır. Çözeltilerin uygulanacak sabit sıcaklığa geliş süreleri 60°C için 130 saniye, 70°C için 190 saniye, 80°C için 250 saniye ve 90°C için 300 saniye olarak belirlenmiştir. Isıtılan çözeltilerin sıcaklığı hem mikrodalga fırının kendi probu hem de fırının içine sokulan bilgisayara bağlı teflon kaplı problar ile sürekli kaydedilmiştir. 60°C'ın üzerindeki sıcaklıklarda ısıtılan maddenin sıcaklığını istenen değerde sabit tutma kullanılan mikrodalga fırının özelliklerinden biridir. Isıtma işlemi başladıktan 20, 40, 60 ve 80 dakika süreler sonunda ısıtılan vitamin çözeltilerinden C vitamini analizi için 1 ml örnek alınmıştır.

Mikrodalga fırında ısıtılma tabii tutulan örneklerde LKB marka yüksek basınçlı sıvı kromatograf ( HPLC ) ile C vitamini analizleri yapılmıştır. Analiz koşulları:

Kolon : SUPELCOSIL LC-8-DB 15 cm. 4.6mmID. 3µm parçacık boyutu

Taşıyıcı faz: metanol:4.3mM hexane sulfonat/%0.1 trietilamin ile pH=2.8 fosforik asit ile  
15 : 85

Pompa hızı: 1 ml/dakika

Enjeksiyon miktarı: 10µl

Dedektör : UV, 200 nm.

Sıcaklık : 25 C°

Analiz süresi: 65 saniye

Analiz için kullanılan HPLC konfigürasyonu:

Pompa: LKB 2150

Dedektör : LKB 2151 Değişken Dalgaboyu Monitör

Isıl işlemlerde kullanılan mikrodalga fırın piyasadan temin edilen mutfak tipi kendinden sıcaklık ölçen probu bulunan WhiteWestinghouse marka mikrodalga fırındır. Mikrodalga fırın 2450 MHz. de çalışmaktadır. Isıl işlem sırasında mikrodalga'nın gücü % 20 olarak kullanılmıştır.

#### IV. HESAPLAMALAR

C vitamini analizleri sonuçları Tablo 1 de özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Değişik sıcaklıklarda ısı işlem uygulanan C vitamini miktarlarının (g. C) zamana göre değişimi

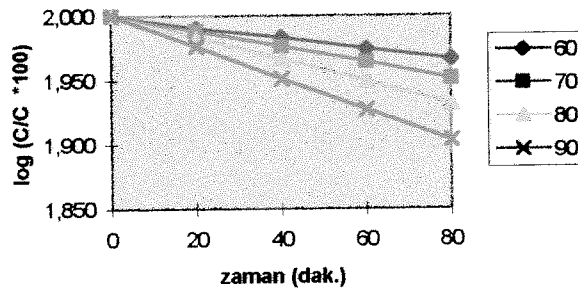
ZAMAN Dakika	PROSES SICAKLIĞI (C°)			
	60	70	80	90
0	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
20	0,0196	0,0195	0,0192	0,0189
40	0,0192	0,0190	0,0185	0,0179
60	0,0188	0,0184	0,0178	0,0169
80	0,0185	0,0179	0,0171	0,0160

Birinci-derece reaksiyon kinetiği izleyen C vitamini degradasyonu için değişik sıcaklıklarda reaksiyon hız sabitlerini bulmak için alınan konsantrasyon datası  $\log (C/C_0 * 100)$  değerlerine çevrilmiştir. Tablo 2 bu yeni değerleri içermektedir.

**Tablo 2.** Log(alıkonan % vitamin C miktarı) nun zamana göre değişimi.

ZAMAN Dakika	log (Alıkonan % vitamin miktarı)			
	log (C/C <sub>0</sub> * 100)			
	60 C°	70 C°	80 C°	90 C°
0	2,000	2,000	2,000	2,000
20	1,990	1,988	1,983	1,976
40	1,983	1,976	1,966	1,951
60	1,974	1,964	1,949	1,927
80	1,966	1,951	1,931	1,903

Böylece korunan yada alıkonan % vitamin C miktarının logaritması zamana karşı çizilmiştir. Teoride belirtildiği gibi bu grafiğin eğimi bize sabit sıcaklıktaki reaksiyon hız sabitini verir.



**Şekil 1.** Değişik sabit sıcaklıklardaki alıkonan % vitamin C miktarının logaritmasının zamana karşı değişimi

Değişik sabit sıcaklıklardaki alıkonan % vitamin C miktarının logaritması zamana karşı çizildiğinde elde edilen doğrunun eğiminden o sabit sıcaklıktaki reaksiyon hız sabiti hesaplanabilir.

T = 60 C° için; eğim = -4.25 E-04 dak<sup>-1</sup> dır.

$$k = -2.303 * \text{eğim olduğundan}$$

$$k_{60} = 9.79 \text{ E-04 dak}^{-1} \text{ olarak bulunur.}$$

T = 70 C° için; eğim = -6.125 E-04 dak<sup>-1</sup> dır.

Aynı şekilde  $k_{70} = 1.41 \text{ E-03 dak}^{-1}$  dır.

T = 80 C° için; eğim = -8.625 E-03 dak<sup>-1</sup>

$$k_{80} = 1.99 \text{ E-03 dak}^{-1} \text{ dır.}$$

T = 90 C° için; eğim = -1.21 E-03 dak<sup>-1</sup>

$$k_{90} = 2.80 \text{ E-03 dak}^{-1} \text{ dır.}$$

Reaksiyon hız sabiti sıcaklıkla değiştiğine göre reaksiyon hız sabiti ile sıcaklık arasında bağıntı kurmak mümkündür. Sıcaklığın k değerleri üzerindeki etkisi üç değişik metotla incelenebilir.

### 1. Arrhenius Denklemi

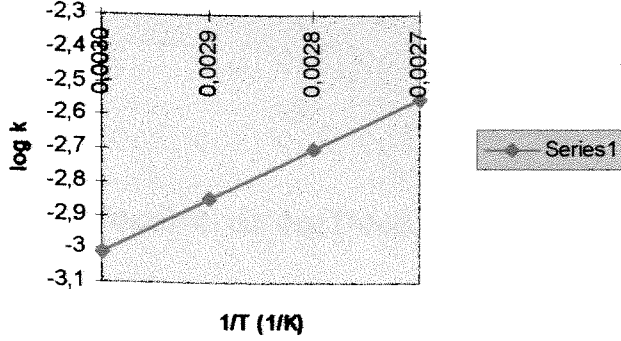
Arrhenius denklemi teori bölümünde açıklandığı gibi aktivasyon enerjisinin bulunmasında kullanılabilir. Yine teori bölümünde açıklandığı gibi log k değerleri 1/T değerlerine karşı çizildiğinde elde edilen doğrunun eğimi  $-\frac{E_a}{2.303 * R}$  değerini verir. Buradan çalışılan sıcaklık aralığında vitamin C için gerekli aktivasyon enerjisi hesaplanabilir. Arrhenius denklem sabiti olarak tanımlanan A değeri de y-ekseni keseninden ya da denklemde bilinen değerler yerine konarak bulunabilir. Log k ve 1/T değerleri Tablo 3 de verilmiştir.

**Tablo 3.** Vitamin C için değişik sıcaklıklardaki k değerleri kullanılarak log k nin 1/T ile değişimi

T (K)	k	1/T	log k
333	9,79E-04	0,0030	-3,009
343	1,41E-03	0,0029	-2,851
353	1,99E-03	0,0028	-2,701
363	2,80E-03	0,0027	-2,553



Tablo 3 de verilen 1/T ye karşılık log k değerleri çizildiğinde elde edilen grafik Şekil 2 de görülmektedir.



**Şekil 2.** Vitamin C nin reaksiyon hız sabitlerinin logaritmasının 1/T ile değişimi

Şekil 2 de elde edilen grafikten elde edilen sonuçlara göre;

doğrunun eğimi = -10032.5 olarak bulunduğundan

$E_a = 4.575 \text{ E}04 \text{ J/mol}$  olarak bulunur.

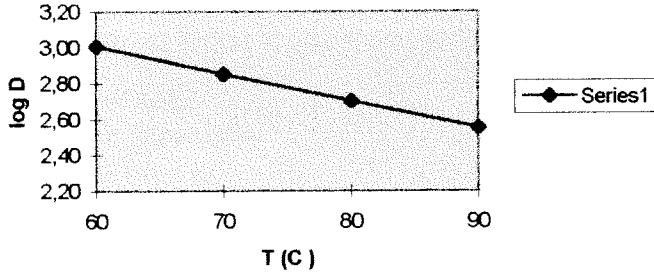
## 2. z-Değeri

z-değeri ısısal ölüm zamanı eğrisinin eğiminin tersinin negatif işaretlisidir. Z-değeri ısısal ölüm zamanı (thermal death time, TDT) eğrisinin bir logaritmik devir kaydetmesi için gereken sıcaklık değişimini ifade eder ve sıcaklıktaki değişim ile değişen ısısal ölüm zamanı ya da ölüm hızını ölçer. Ölüm hızı ya da D-değerindeki on kat değişim için gereken sıcaklıktaki değişim miktarı olarak tanımlanır. Z-değerinin deneysel olarak bulunması için  $D = 1/k$  ( D : TDT ) değerleri sıcaklıklara karşılık log D olarak çizilir. Elde edilen doğrunun eğiminden z-değeri hesaplanır. Grafikte kullanılacak sıcaklık ve log D değerleri Tablo 4 de verilmiştir.

**Tablo 4.** Log D değerlerinin sıcaklık ile değişimi

T (C)	log D	D=1/k
60	3,01	1021,5
70	2,85	709,2
80	2,70	502,5
90	2,55	357,1

Tablo 4 deki değerler kullanılarak grafik çizildiğinde elde edilen doğru Şekil 3 de görülmektedir.



**Şekil 3.** Vitamin C nin log D değerlerinin sıcaklık ile değişimi

Şekil 3 de görülen eğrinin eğimi bir logaritmik devir için gereken sıcaklık değişimi kullanılarak eğim = -0.0152 olarak bulunmuştur.

$Z = -1/\text{eğim}$  olduğundan,  $z = 65.8 \text{ C}^\circ$  olarak bulunmuştur.

### 3. $Q_{10}$

$Q_{10}$  10C° farklı iki ayrı sıcaklıktaki hız sabitlerinin birbirlerine oranıdır.

Vitamin C için incelenen proses şartlarında;

$$\frac{k_{70}}{k_{60}} = \frac{k_{80}}{k_{70}} = \frac{k_{90}}{k_{80}} = 1.41 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Isıl işlemin değerlendirilmesi için kullanılan diğer bir kriter de ısıl işlemin kapsamı (extent) olarak tanımlanan F değeridir. F değeri besin maddeleri için kullanıldığında C pişme değeri (cooking value) olarak da adlandırılır. Değişik sabit sıcaklıklarda belirlenen ısıl işlem süresi sonunda elde kalan vitamin miktarı F tanımı kullanılarak % olarak bulunduğunda ısıl işlem kapsamının sıcaklık ile değişim gözlenip, değişik proses sıcaklıklarının elde kalan vitamin miktarına etkilerinin karşılaştırılması yapılabilir.

**Tablo 5.** Isıl işlemden sonra korunan vitamin C yüzdesinin uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ile değişimi.

T (C)	KALAN VİTAMİN C %
60	83,37
70	77,1
80	69,2
90	59,7

## V. SONUÇ

C vitamini tüm canlı dokularda varolan oksidasyon - redüksiyon reaksiyonlarını etkileyen bir vitamindir. L-askorbik asit kolaylıkla ve geri dönüşlü olarak dihidre-L-askorbik asite okside olur ve vitamin C aktivitesini korur. İnsanlar C vitaminini sentezleyemezler ve C vitamininin çok çeşitli metabolik aktivitede çok farklı rolleri olduğundan insanların günlük C vitamini gereksinimi kişiye, kişinin sağlık ve çevre durumuna göre farklılık gösterir. C vitamini doğada çok yaygın olmasına rağmen daha çok bitki kökenli gıdalarda bulunur (DeMan, 1980 ).

Vitaminler arasında C vitamini en hassas olanıdır, proses ve saklama sırasında kolaylıkla bozunur. Oksijenle temas, oksijenli ortamda uzun süreli ısıtma, ışık ile temas hep gıdaların C vitamini miktarını düşüren nedenlerdir. C vitamininin ısıtma işlemi en hassas vitamin olması gıdalardaki önemini artırdığından analiz çalışmalarında ve mikrodalga ile ısıtma işlemi sırasında gösterdiği bozulma kinetiğinin belirlenmesinde öncelik C vitaminine verilmiştir. Ayrıca C vitamini HPLC ile analiz ve gıdalardan ekstrakt edilerek analize hazırlanması da en kolay olan vitamindir.

C vitamininin mikrodalga fırında ısıtma işlemi gördüğü sırada gösterdiği reaksiyon kinetiğinin belirlenmesi için bir model sistem oluşturulmuş, 20 mg / 100 ml başlangıç konsantrasyonuna sahip olan bir C vitamini çözeltisi hazırlanmış ve model sistem sabit mikrodalga şiddeti ve sabit sıcaklıkta tutulmuştur. Kullanılan mikrodalga fırının özelliği olarak çözelti belirlenen sabit sıcaklığa ısıtıldıktan sonra bu sıcaklıkta önceden belirlenen süre boyunca tutulabilmektedir. Çözelti sıcaklığı sürekli olarak mikrodalga fırının kendi probu ile kontrol edilmektedir. Model sistemlerden elde edilen bulgular daha kompleks sistemler olan gıdalara uygulanamamasına rağmen bunlardan elde edilen sonuçlar gıda sistemlerindeki çalışmaları ön hazırlık özelliği taşıdığından model sistem ile çalışmaya öncelik verilmiştir. Çalışma sonraki aşamalarda gıda maddesinden C vitamininin ayrıştırılıp HPLC ile analiz edilerek gıda içindeki bozulma kinetiğinin belirlenmesi amacıyla gütmektedir. Model sistemde C vitamini bozulma kinetiği birçok gıda maddesinde olduğu gibi birinci derece reaksiyon kinetiği göstermiştir. (Heldman, 1992). Ayrıca gözönünde tutulması gereken diğer bir nokta da C vitamininin bozunması sırasında oluşan bazı reaksiyonların geri dönüşlü olması nedeniyle reaksiyon birinci derece reaksiyon kinetiği göstermesine rağmen bozunma hızları sistemde kurulan dengeye ve ortamdaki parçalanma ürünlerinin miktarına bağlı olarak değişir. Bu yüzden C vitamininin bozunma hızlarının aynı başlangıç konsantrasyonu için belirlenip karşılaştırılması daha anlamlı olacaktır.

Mikrodalga ile ısıtmada, ısıtma yüzeyden değil ısınan maddenin içinden olmasına rağmen sıcaklık dağılımının her zaman düzenli olduğu söylenemez. Kullanılan mikrodalga fırında üretilen mikrodalga fırın içine yayılması için bir dağıtıcı pervane bulunmaktadır. Böylece bir noktaya sürekli yoğun mikrodalga gelirken bir noktaya hiç gelmemesi önlenmiş olmaktadır. Ayrıca mikrodalgalarda üretilen mikrodalga şiddeti ile ters orantılı olarak tanımlanan nüfuz etme derinliği vardır, bu mikrodalga maddenin içine yüzeyden ne kadar nüfuz ettiğini gösterir. Kullanılan C vitamini çözeltisi 3 cm olarak tahmin edilen nüfuz etme derinliğinden daha sığ olarak hazırlandığından ve ısıtılan madde su gibi iletken bir madde olduğundan nispeten düzenli bir sıcaklık dağılımı sağlanmaya çalışılmıştır.

Gerek model sistemlerde gerek gıdalarda kinetik çalışmaların amacı optimum proses şartlarını belirlemek olduğundan mikrobiyolojik güvenlik sağlanırken en yüksek besin değeri koruması hedef seçilir. Bu da prosesin matematiksel modellenmesi için güvenilir veriler gerektirir.

Özellikle vitaminlerin saf formları direk spektrofotometrik, florometrik veya elektrokimyasal metodlarla ölçülebildiği gibi özellikle gıda ve diğer biyolojik maddelerde daha yüksek randımanlı ayırıştırımlar yapabilen aletler, HPLC, kullanılmaktadır. Bazen kullanılan mikrobiyolojik metodlar bazı mikroorganizmaların belli bir besine gerek duyması ya da vitaminlerin bazı özel bağlanma proteinlerine bağlanan miktarının ölçülmesi yöntemlerini içerir.

Absorbsiyon ve floresans spektrofotometrik metodlarda ışık emen ve floresan maddelerin oluşmasını sağlayan kimyasal reaksiyonlar, direkt spektrofotometrik incelemelerin sağlayacağından daha hassas ölçümleri gerektirir. Bu nedenle özellikle gıda maddelerinde yapılacak analizlerde çok güvenilir sonuçlar elde edilemeyebilir.

Analiz metodu olarak HPLC oldukça hızlı ve güvenilir bir metoddur. Özellikle gıda maddeleri gibi kompleks örneklerdeki az miktardaki vitaminlerin ayrıştırılıp bulunarak ölçülmesi için ideal metodlardan biridir. HPLC metodunun dezavantajları ise birçok vitaminin bütün biyolojik olarak aktif formları bulunmak istendiğinde oldukça detaylı bir çalışma ve kolon dedektör gibi aletlere ihtiyaç duyulması, ölçüm hassasiyeti için birçok dedektör gerektirmesi, ve numune özü sadeleştirilmesi için uygun tekniklerin bulunarak uygulanmasının zor ve zaman alıcı olmasıdır. Ancak diğer metodlarla karşılaştırıldığında HPLC en hızlı, güvenilir ve uygulanabilir metod olma özelliklerini korumaktadır ( Gregory, 1983 ).

Mikrodalga ile ısıtma konvansiyonel fırında ısıtmadan daha hızlı bir methodtur çünkü mikrodalga ile ısıtmada sıcaklık ısıtılacak maddenin bünyesinin içinde oluşup yakın çevresine yayılır. Her noktada ısınma başlayıp yayıldığından genellikle mikrodalga ile ısıtma konvansiyonel ısıtmadan daha düzenli yayılabilir. Isıtma mekanizmaları farklı olduğundan mikrodalga ile ısıtmanın kalite faktörleri üzerine etkisi de konvansiyonel metodlardan farklıdır. Mikrodalga ile ısıtmada sıcaklık artışı çok hızlı olduğundan ilk ısıtma sırasında besin değeri ve bakteri miktarında önemli bir değişiklik kaydedilmez. Belirlenen proses sıcaklığına eriştikten sonra bu sıcaklıkta gıda maddesinin tutulması sırasındaki kayıplar önemlidir.

Mikrodalga fırında ısıl işleme tabi tutulan C vitamini çözeltisindeki bozunma kinetiği çalışmaları incelendiğinde en önemli sonuçlardan biri C vitamini analizlerinin mevcut HPLC ile rutin olarak yapılmaya başlanması, ayrıca diğer suda çözünen maddeler için de çalışmaların sonuçlanma aşamasına getirilmiş olmasıdır. Böylece ilerideki çalışmalarda HPLC bu alanda etkin olarak kullanılabilir duruma getirilmiştir. Ayrıca sağlanan altyapı gerekli metod geliştirme çalışmalarının yapılması ve kimyasal madde sağlanması durumunda yağda çözünen vitamin analizleri için de uygun bir konfigürasyon oluşturulmasını mümkün kılmıştır. Çalışmalar bu yönde geliştirilecektir.

Kurulan düzenek normal bir model sistemde kinetik çalışma yapmak yerine gıda işleme alanında yeni bir uygulama olduğundan birçok literatür değere ihtiyaç duyulan bir alan olan mikrodalga ile ısı işlem görmüş bir model sistemdeki kinetik çalışmalar için kullanılmıştır. Böylece hem mikrodalga ile ısı işlem sonucunda C vitamini için kinetik parametreler belirlenmiş hem de elde edilen bu değerler literatürde konvansiyonel yöntemlerle ısı işlem görmüş C vitamini için verilen değerlerle karşılaştırılarak mikrodalga ısı işlemin diğer ısıtma yöntemleri ile karşılaştırılması sağlanmıştır. Çalışma diğer suda çözünen vitamin analizleri için de aynı koşullarda tamamlandıktan sonra gıdaların mikrodalgada ısı işleme tabi tutulması sonunda oluşan kinetik parametrelerin belirlenmesi çalışmalarına geçilecektir. Değişik gıda maddeleri için bu çalışmaların tekrarlanması mikrodalga ile gıdaların işlenmesi alanında kullanılabilir bir kinetik parametre birikimi sağlayacaktır.

Mikrodalga ile ısı işlem gören C vitamini için belirlenen kinetik parametreler incelendiğinde ilk olarak reaksiyon hız sabitleri ele alınabilir. Uygulanan sıcaklık arttığında reaksiyon hız sabitleri de artmaktadır. Bu trend konvansiyonel ısıtma metodları için de aynıdır. Ancak artan sıcaklığın reaksiyon kinetiğini ne derece etkilediğini ölçmek açısından yeterli bilgi vermez. Bu nedenle uygulanan ısı işlemin reaksiyon hız sabitlerinin sıcaklık ile değişiminin incelenmesi gerekir. Sıcaklığın etkisi büyük aktivasyon enerjisi, büyük  $Q_{10}$  değeri ve küçük  $z$ -değerine sahip reaksiyon hızları üzerinde daha yüksektir. ( Merson, 19 ). Vitamin degradasyonu için literatürde bulunan değerler; ( Merson, 19 ).

$$E_a = 2.5 \text{ E}04 \text{ J/mol.}$$
$$Z = 45\text{-}60 \text{ C}^\circ$$
$$Q_{10} = 2\text{-}3$$

olarak belirlenmişken mikrodalga ile ısı işlem sonucunda elde edilen değerler;

$$E_a = 4.575 \text{ E}04 \text{ J/mol.}$$
$$Z = 65.8 \text{ C}^\circ$$
$$Q_{10} = 1.41$$

olarak bulunmuştur. Bu iki grup veri karşılaştırıldığında mikrodalga ile uygulanan ısı işlemin C vitamini üzerinde daha az degradasyona yol açtığı sonucuna varılabilir.

F (yada C) değerleri karşılaştırıldığında uygulanan sıcaklık arttıkça korunan vitamin yüzdesi azalmaktadır. Bu beklenen bir sonuç olmakla beraber kinetik parametreler ışığında bu artışın diğer ısıtma yöntemleri uygulandığında gözlemlenecek artıştan daha az olacağı sonucuna varılabilir. Konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırıldığında aynı sıcaklıklara ulaşılsa bile mikrodalga ile ısıtma süresi çok daha kısa olduğundan düşük F değerleri görülecektir. Mikrodalga ile proseslerde besin maddelerinin daha iyi korunmasının nedeni hızlı ısınma ve kısa ısıtma süresidir. Mikrodalga ile ısıtılmış gıdalarda daha iyi C vitamini korunmasının nedeni istenen sıcaklığa çok çabuk çıkılması ve proses süresinin kısa olmasıdır. Düşük sıcaklıklarda proses yapılması düşük F değerlerinin elde edilmesine bu da daha fazla C vitamininin korunmasına olanak sağlamaktadır.

C vitamini model sistemi için bulunan bu sonuçlar mikrodalga ile yapılan tüm ısı işlemlere her türlü şartta doğrudur denerek genelleme yapılamaz. Mikrodalga ile ısı işlem sırasında daha yüksek besin maddesi koruması sağlandığı her koşulda doğru olmayabilir. İşlenen maddenin içinde bulunduğu ortam, geometri, ısınma hızı, ısınmada kullanılan mikrodalga şiddeti, mikrodalga uygulama süresi, ısıtılan maddenin termofiziksel özellikleri gibi birçok faktör bu sonuçların değişmesine neden olabilir ( Datta, 1992 ).

Projenin adında sözü geçen amino asit analizlerinin mevcut HPLC ile yapılması çalışmalarından vazgeçilmiştir. Amino asit analizleri için ön denemeler yapılmış ancak verimli sonuçlar alınamamıştır. Bunun üzerine üretici firma ile temasa geçilmiş elimizde bulunan HPLC modeli ile ancak başka hiçbir analiz yapmamak koşulu ile amino asit analizleri yapabileceğimiz bu koşullarda bile randımanlı çalışmalar yapılamadığının başka kuruluşlarda gözlemlendiği tarafımıza bildirilmiştir. Çalışmaların verimsiz olmasının yanında amino asit analizlerinden sonra HPLC nin başka bir analiz için kullanılmadan önce bir ay kadar çalışarak dengeye gelmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu şartlarda bölümümüzde yalnızca bir tane bulunan ve çok amaçlı kullanılmakta olan HPLC nin bu kadar uzun süre yalnızca bir analiz için o da düşük randımanla kullanılması uygun görülmediğinden amino asit analizleri için çalışmalar durdurulmuştur. Amino asit analiz çalışmalarına sağlanacak desteklerle edinilecek amino asit analiz aletleri ile ileride devam edilebilecektir.

## VI. REFERANSLAR

1. Cross, G.A., Fung, D.Y. C., The Effect of Microwaves on Nutrient Value of Foods., *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, April, 355-381, (1982).
2. Datta, A.K., Hu, W., Optimization of Quality in Microwave Heating, *Food Technology*, December, 53-56, (1992).
3. DeMan, J., *Principles of Food Chemistry*, The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, (1980). pp.311-329.
4. Gregory, J. F., Methods of Vitamin Assay for Nutritional Evaluation of Food Processing, *Food Technology*, January, 75-80, (1983).
5. Heldman, D.R., Lund, D. B., *Handbook of Food Engineering*, Marcel Dekker, Inc., New York, (1992). pp. 40-87.
6. Merson, R.L., Leonard, S.J., *Notes on Thermal Processing*, Department of Food Science and Technology, University of California, Davis, California.

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: TOGTAG - 1482	2- Rapor Tarihi: 15 Şubat 1997
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1.6.1994 / 15.2.1997	
4- Projenin Adı: Gıda Maddelerinde Amino Asit ve Suda Çözünen Vitamin Analizlerinin Reverse Phase HPLC ile Yapılması	
5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Yürütücü: Doç.Dr. A.Levent BAYINDIRLI Yardımcı Araştırmacılar: Zinet Aytanga (KARASOY) ÖKMEN / Nüzhet ERTUĞAY / Serpil ŞAHİN / Gülüm ŞUMNU / Sibel SAİN	
6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü ANKARA	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:	
8- Öz (Abstract): Ekte 'dir.	
Anahtar Kelimeler:	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler	
10- Bilim Dalı: Doçentlik B. Dalı Kodu: ISIC Kodu: Uzmanlık Alanı Kodu:	
11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input type="checkbox"/> Sınırsız	
12- Raporun Gizlilik Durumu: <input type="checkbox"/> Gizli <input type="checkbox"/> Gizli Değil	

(\* ) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz



## ÖZ

TOGTAG 1482 no'lu proje kapsamında sağlanan destek ile yürütülen çalışmalar amacına ulaşmış olup sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Proje altyapı destekleme projesi olup sağlanan destek halen Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü aletli analiz laboratuvarında mevcut bulunan Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatograf ( HPLC ) 'ın suda çözünen vitamin analizlerinde kullanılabilmesi için gereken bazı yedek parça ve kimyasal madde eksiklerinin giderilmesinde kullanılmıştır. HPLC ile suda çözünen vitamin analizleri başarı ile yürütülmekte olup Vitamin C analizleri rutin olarak yapılabilir aşamaya gelmiştir. Diğer suda çözünen vitamin analizler için de gerekli alet ve kimyasallar tamamlanmış olup analiz metodu belirleme çalışmaları sürmektedir. Proje kapsamında yapılan çalışmalarda mikrodalga fırın ile uygulanan ısı işlem sonucunda Vitamin C'nin bozunma kinetiği çalışmaları tamamlanmış, sözü edilen proses için birinci-derece reaksiyon kinetiği uygun bulunmuş ve k, z ve E<sub>a</sub> değerleri belirlenmiştir. Bu değerler literatürde bulunan konvansiyonel ısı işlemler için belirlenen değerlerle karşılaştırıldığında mikrodalga fırında uygulanan ısı işlemin daha az vitamin C degradasyonuna neden olduğu saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler: mikrodalga, vitamin C degradasyonu, reaksiyon kinetiği**

## ABSTRACT

The project numbered 1482 supported by Agriculture and Forestry Research Grant Committee of The Scientific and Technical Research Council of Turkey was a substructural support project. Its objective was to supply some of the necessary spare parts for the HPLC which is already present at the Food Engineering Department of M.E.T.U. and to supply some chemicals to be used for the HPLC analysis of water soluble vitamins. The support was used to obtain the spare parts of the pre-column and the guard column used for the analysis of the water soluble vitamins. Also a few chemicals are obtained as use-up materials. Among the water soluble vitamins analysis of vitamin C was set up completely so that its analysis could be done routinely.

The instrumentation for the HPLC determination of the other water soluble vitamins was also completed. A little bit more work has been needed on the method of analysis before the routine collection of data was possible. For this reason, the reaction kinetics of vitamin C which was processed thermally by a microwave oven has been carried out and the results were discussed in scope of this report. It was found that the degradation of vitamin C which was heated by microwaves followed a first-order reaction kinetics and the  $k$ ,  $z$  and  $E_a$  values were calculated. When the results were compared with the  $k$ ,  $z$  and  $E_a$  values found in literature for a conventional heating process of vitamin C it was observed that microwave heating caused less vitamin degradation.

**Key words:** microwave, vitamin C degradation, reaction kinetics