

1-1-1999

The Effect of Interesterification Reactions on The Tocopherols and The Sterols in Fats

AZİZ TEKİN

MUAMMER KAYAHAN

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture>



Part of the [Agriculture Commons](#), and the [Forest Sciences Commons](#)

Recommended Citation

TEKİN, AZİZ and KAYAHAN, MUAMMER (1999) "The Effect of Interesterification Reactions on The Tocopherols and The Sterols in Fats," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 23: No. 8, Article 1. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol23/iss8/1>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Agriculture and Forestry by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact academic.publications@tubitak.gov.tr.

İnteresterifikasyon Tepkimelerinin Yağlardaki Tokoferoller ve Steroller Üzerine Etkisi

Aziz TEKİN, Muammer KAYAHAN

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 15.04.1996

Özet: Bu çalışmada, gelişmiş ülkelerde yıllardır kullanılan ve ülkemizde de son yıllarda denenmeye çalışılan interesterifikasyon tekniğinin, 80:20 oranındaki ayçiçek yağı: sığır iç yağı paçalına, %0.3 oranında sodyum metilat katılarak, 25 ayrı sıcaklık ve sürede uygulanmasıyla elde edilen model yağlardaki tokoferol ve sterol değişimleri incelenmiştir.

Araştırma sonucunda, 70°C, 45. dakika ile daha yüksek sıcaklık ve sürelerde tepkimenin tamamlandığı lipaz hidroliz yöntemiyle belirlenmiştir. Tepkimeler sırasında tokoferol ve sterollerin, sıcaklık ve süre artışıyla birlikte daha hızlı esterleştiği ve bu nedenle de süre ilerledikçe gerek interesterifikasyon gerekse ağartma işlemleri sırasında daha fazla korunduğu sonucuna varılmıştır.

The Effect of Interesterification Reactions on The Tocopherols and The Sterols in Fats

Abstract: In this study, interesterification which has been used in developed countries for years and tried in Turkey recently, was applied to a sunflower oil and beef tallow blend (80:20). 25 sample fats were obtained by applying interestification at different temperatures and times by adding 0.3% sodium methoxide. The changes in the tocopherols and sterols of these fats were investigated.

It was determined that the reaction was completed at 70°C in 45 minutes and at higher temperatures and longer times using lipase hydrolysis. In conclusion tocopherols and sterols were esterified more quickly as time and temperature increased. Therefore, they were more protected during interesterification and especially during the bleaching process as the reaction time increased.

Giriş

Yağlar, tamamına yakın bir kısmı değişik zincir yapılı ve uzunluğundaki yağ asitlerinin gliserinle oluşturduğu esterlerden meydana gelmiş olan ve bunların yanında genellikle sabunlaşmayan maddeler kapsamında yer alan diğer minör komponentleri de içeren kompleks karışımlardır. Bu nedenle yağların özelliklerini genellikle yapısında yer alan yağ asitlerinin çeşit ve miktarları ile birlikte gliserit molekülündeki yerleşim yerleri belirlerse de, başta fosfolipitler olmak üzere steroller, yağda eriyen vitamin ve renk maddeleri, doğal antioksidanlar olarak sayılabilen bu minör komponentler, çok az miktarlarda oldukları halde, antioksidan provitamin ve esansiyel karakterli bileşiklerden yeterince ve gerektiğince faydalanmayı sağlayıcı etkilere sahiptirler. Bu nedenle de özellikle beslenme fizyolojisi açısından buldukları yağlara önemli özellikler kazandırmaktadırlar. Nitekim son ürün kalitesini olumsuz yönde etkiledikleri gerekçesiyle rafinasyon işlemleri sırasında çoğunlukla yağdan uzaklaştırılırsalar da (1), bu işlemler sırasında sabunlaşmayan maddelerin tümünün uzaklaştırılmasının,

sağlıklı beslenme açısından zorunlu olmadıkça uygulanması gereken bir işlem olmadığı savunulmaktadır.

Yağlar elde edildikleri kaynaklara ve işlenme şekillerine göre minör komponentleri değişik oranlarda içermektedirler. Bitkisel yağlar sözkonusu olduğunda, sinir ve beyin dokusu için gerekli olan fosfolipitleri, yağda stabiliteyi artıran ve vücudun esas yağ asitlerinden gerektiğince faydalanmasını sağlayan tokoferoller, β -karoten ve steroller gibi A ve D grubu provitaminleri içermeleri (2), beslenme fizyolojisi açısından vücuttaki işlevlerini açıkça ortaya koymaktadır. Bunun yanında kalp-damar hastalıkları ile ilişkisi olan ve hayvansal yağlarda sıkça rastlanan kolesterolün sağlıklı beslenme açısından risk taşıdığı ve tüketiminde dikkatli davranılması gerektiği de unutulmamalıdır. Bu nedenle gıda sanayiinde geliştirilecek yeni işleme tekniklerinin faydalı besin öğelerini en yüksek düzeyde koruyacak, buna karşılık muhtemel risk faktörlerini de en alt düzeye indirecek niteliklerde seçilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Özellikle Türkiye gibi yıllardır süregelen yağ açığını sadece bitkisel kaynaklı hammaddelerle çözmeye çalışan, ancak

hayvansal depo ve organ yağlarının bu alanda değerlendirilmesini gerek tüzük gerekse teknoloji yetersizliği nedeniyle gündeme pek getirmeyen ülkelerde, yeni geliştirilecek işleme tekniklerinin değişik hammaddeleri çağdaş beslenme fizyolojisi ilkelerine uygun şekilde işleyebilen nitelikte olması gerekmektedir.

1970'li yılların başlarından itibaren yağ sanayiinde yeni bir teknoloji olarak geliştirilmiş bulunan interesterifikasyon tekniği, hayvansal depo ve organ yağlarının yemeklik yağ olarak değerlendirilmesine olarak sağlamıştır (3). Beslenme fizyolojisi açısından interesterifikasyon tekniği uygulanarak elde edilen yağların yapı ve özelliklerinin diğer tekniklerle elde edilen yağlara kıyasla daha üstün olduğu, ulaşılan araştırma verileri ile kanıtlanmıştır (4, 5, 6, 7). Ancak sözkonusu tekniğin işlenen yağların yukarıda belirtilen minör komponentler yönünden değerlendirilmesine ilişkin yeterli sayıda araştırmaya rastlamak mümkün olmamaktadır.

Yapılan araştırmada, interesterifikasyon işlemleri sonucunda elde edilen model yağlarda tokoferol ve sabunlaşmayan kısmın büyük çoğunluğunu oluşturan sterollerin (özellikle kolesterol) çeşit ve miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla önce tepkime koşullarında süre ve tepkime sıcaklığı iki temel değişken olarak ele alınmış ve bu değişkenler açısından öngörülen koşullarda model yağlar üretilmiş, daha sonra da bu model yağlarda tokoferol ve sterol içeriklerindeki değişiklikler üretim koşullarına bağlı olarak incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Materyal olarak bitkisel rafine yağ (ayçiçek yağı) ile yabancı maddelerinden temizlenmiş ve suyu uzaklaştırılmış hayvansal yağın (iç yağı) farklı sıcaklık ve sürelerde asit köklerinin yer değişimi tepkimelerine sokulmaları ile elde edilen model yağlar kullanılmıştır.

Metot

Model Yağların Elde Edilmesi

Asit köklerinin yer değişimi tepkimelerine sokularak elde edilen model yağların üretiminde Baltas (5) tarafından belirtilen ve Kayahan(3) tarafından da laboratuvar koşullarına adapte edilen bir düzenekten yararlanılmıştır. Bu amaçla ayçiçek yağı ve sığır iç yağı 80:20 oranında karıştırılmış ve %0.3 oranında sodyum metilat kullanılarak, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C

sıcaklık derecelerinin her birinde 45', 60', 75', 90', ve 105' lık sürelerle reaksiyona sokulmuştur. Reaksiyon sonunda katalizör su ile inaktif hale getirildikten sonra, yağ ayırma hunisine alınmış ve %2 oranında ağartma toprağı (optimum FF) ilave edilerek vakum altında 85°C'de 30 dakika süreyle ağartma işlemi yapılmıştır. Elde edilen model yağlar önce azot gazı ile yıkanarak, muhtemel erimiş oksijeninden kurtarılmış ve analizler boyunca -18°C'de muhafaza edilmiştir. Bütün analizler interesteriye edilmiş ve ağartılmış örneklerde yapılmıştır. Anlatımda ifade kolaylığı açısından örnekler Tablo 1'deki gibi numaralandırılmış olup, bulguların sonucu ve irdelenmesi bu numaralamaya göre yapılmıştır.

Analiz Metodları

2-monogliseritlerin Belirlenmesi

Bu amaçla yağlar önce pankreatik lipaz (sigma) enzimi ile reaksiyona sokularak gliseritlerdeki 1,3 ester bağları hidroliz edilmiştir. Daha sonra ince tabaka tekniği ile karışımdan 2-monogliseritler ayrılmış ve UV lambasında teşhisleri yapılan bu monogliserit bantları kazınarak dietileter ile ekstrakte edilmiş ve çözügen uçurulduktan sonra yağ asitleri analizi yapılmıştır (8).

Tokoferol ve Sterollerin Tayini

Yağlarda tokoferol ve sterollerin tayini Feeter'in belirttiği metod (9) modifiye edilerek yapılmıştır. Buna göre sabunlaşma balonuna 5 g örnek alınmış ve üzerine 100 ml absolü etil alkol ile 1ml internal standart

Tablo 1. Araştırmada incelenen model yağların eldesinde uygulanan sıcaklık ve süreler

Örnek No	İnteresterifikasyon		Örnek No	İnteresterifikasyon	
	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)		Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)
1	60	45	14	80	90
2	60	60	15	80	105
3	60	75	16	90	45
4	60	90	17	90	60
5	60	105	18	90	75
6	70	45	19	90	90
7	70	60	20	90	105
8	70	75	21	100	45
9	70	90	22	100	60
10	70	105	23	100	75
11	80	45	24	100	90
12	80	60	25	100	105
13	80	75			

(stigmasterol) ilave edilerek geri soğutucuya bağlanmıştır. 5 dakika geri soğutucu altında kaynatılan içeriğe 2g granül KOH ilave edilmiş ve 30 dakika süre ile sabunlaştırılmıştır. İşlem sonunda balon içeriği, içerisinde 200 ml dietil eter bulunan ayırma hunisine aktarılmış ve her seferinde 100-150ml su kullanılarak beş defa yıkanmıştır. Ayırma hunisinde kalan karışımın düşük sıcaklıkta eteri uçurulduktan sonra, propionik anhidrit: piridin (2:1) karışımından 0.8ml ilave edilmiş ve 75°C'de, 30 dakika süreyle tepkimeye sokulmuştur. Kapaklı küçük şişelere alınan içerik kalitatif ve kantitatif tayin için gaz kromatografisine enjekte edilmiştir.

Kullanılan kolon: 2.5 m uzunluğunda, 0.4 cm iç çapında, chromosorb WAW DMCS üzerinde %6 SE-52 kaplanmış cam kolon.

Elde edilen kromatogramlardan tokoferol veya sterol çeşitlerinin kantitatif olarak hesaplanması aşağıdaki formülden yararlanılarak yapılmıştır.

$$\text{Tokoferol veya sterol (mg/kg)} = \frac{A \cdot 10000}{M \cdot B}$$

A: Örnek pikinin yüzdesi

B: İnternal standart pikinin yüzdesi

M: Örnek ağırlığı

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Materyal ve model yağlarda yapılan 2-yerleşimli yağ asiti analizlerine göre, 60 °C'de yürütülen tepkimelerde gliseritlerin β-pozisyonlarında istatistikî bir dağılımın elde edilemediği ve reaksiyonun ancak 70°C'de 45. dakikada dengeye oturduğu tespit edilmiştir. Buna göre, 70°C'de 45 dakika ile daha yüksek sıcaklık ve sürelerde interesterifikasyon reaksiyonunun tamamlandığı kabul edilmiştir.

Materyaller ve bunların belirli oranda karıştırılarak değişik sıcaklık ve sürelerde interesterifikasyon tepkimelerine sokulmalarıyla elde edilen model yağlardaki tokoferol ve sterol içerikleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, ayçiçek yağında α-tokoferolün 487.5 mg/kg, sitosterolün 999.0 mg/kg, siğir iç yağında ise kolesterolün 783 mg/kg düzeylerinde bulunduğu görülmektedir. Buna göre bu yağların 80:20 (ayçiçek yağı:siğir içi yağı) oranında karıştırılmasıyla elde edilen yağ paçalında α-tokoferol 390 mg/kg, sitosterol 799.2

mg/kg ve kolesterol 156.6 mg/kg düzeylerinde bulunmaktadır.

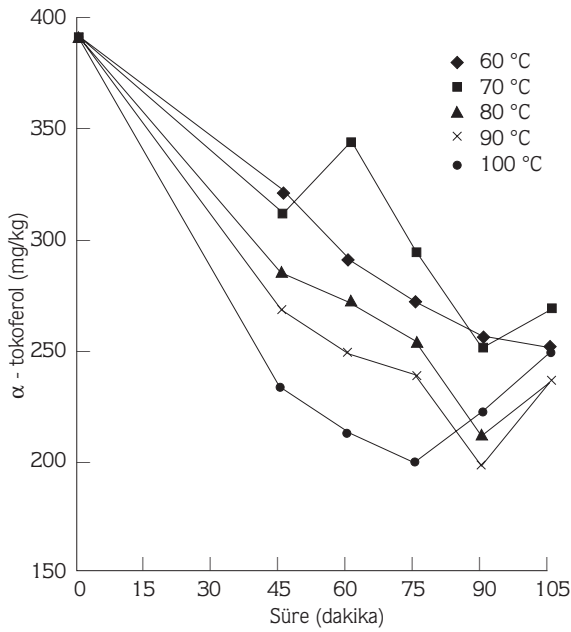
Materaylerde tespit edilen α-tokoferol, sitosterol ve kolesterol miktarlarının model yağlardaki değişimleri incelendiğinde, 390 mg/kg olan α-tokoferolün 60°C'de, 45. dakikada 320.8 mg/kg seviyesine (kayıp %17.74) düşmüş olduğu ve bu düşüşün süre artışına bağlı bir süreklilik göstererek 60°C, 105. dakikada 252.2 mg/kg'a (kayıp %35.33) kadar indiği görülmektedir. Benzer değişim model yağların kolesterol içeriklerinde de saptanmış ve başlangıçta 156.6 mg/kg olan değer 60°C'de 45. dakikada 81.8 mg/kg'a (kayıp %47.8) ve aynı sıcaklığın 105. dakikasında ise 66.5 mg/kg'a (kayıp %57.5) düştüğü belirlenmiştir. Buna göre model yağların eldesi sırasında uygulanan sıcaklık ve süre ile tokoferol ve sterol içerikleri arasında ters yönlü bir ilişki söz konusudur. Ancak tokoferollerde bu faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan kayıp, özellikle süre açısından incelendiğinde, sterollere kıyasla daha yüksek olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca 60°C'de uygulanan sürelerde interesterifikasyon tepkimelerinin tamamlanmadığı tespit edildiği için, saptanan azalmalara uygulanan tepkime sıcaklık ve süreleri yanında, her örneğe eşit sıcaklık ve sürelerde uygulanan ağartma işlemlerinin de etkili olduğu kanısına varılmıştır. Çünkü ağartma işlemlerinin tokoferoller ve özellikle de steroller önemli ölçüde etkilediği yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (10, 11, 12, 13).

Ağartma işlemi uygulamasında kolesterol, β-sitosterol, stigmasterol ve brassikasterolün hidrokarbonlar ve disterilelerle, oksijen varlığında ise bu sterollerin 7-hidroksi sterollere dönüştüğü saptanmıştır (14). Ayrıca kolesterolün oksidasyona oldukça duyarlı olduğu da belirtilmiştir (15). Araştırmada 60°C'de sitosterol miktarı %23.87-29.64 oranlarında azalırken, kolesterol miktarı %44.77-57.53 oranlarında azalma göstermiştir. Bu da kolesterolün oksidasyona daha duyarlı olduğu düşüncesini doğrulamaktadır.

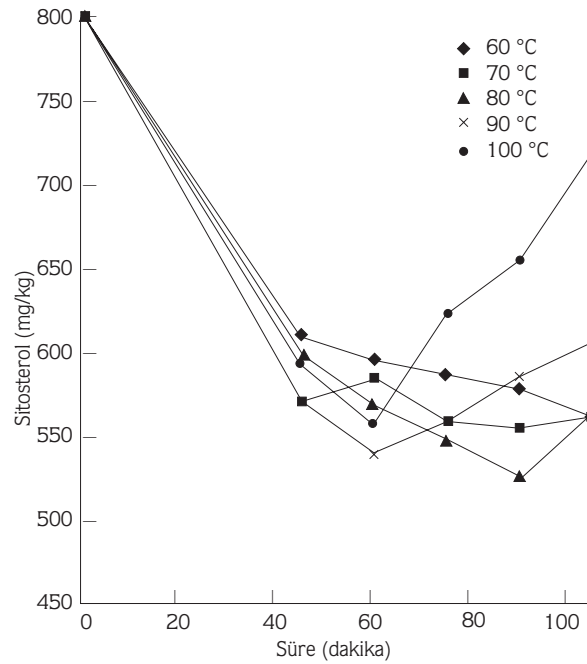
Reaksiyonun tamamlandığı enzimatik hidroliz yöntemiyle belirlenen 70°C'de 45 dakika ile daha yüksek sıcaklık ve sürelerde α-tokoferol, sitosterol ve kolesterolün değişim grafikleri Şekil 2'de görüldüğü gibi oldukça ilginçtir. Çünkü bu sıcaklıklarda, belirli bir süreden sonra bu bileşiklerin miktarlarında artışlar görülmekte ve bu artışlar sıcaklık yükseldikçe daha da belirginleşmektedir. Buna göre, interesterifikasyon reaksiyonları devam ederken, bu bileşiklerin belirli bir

Tablo 2. Materyal ve model yağlara ait α -tokoferol, sitosterol ve kolesterol içerikleri (mg/kg)

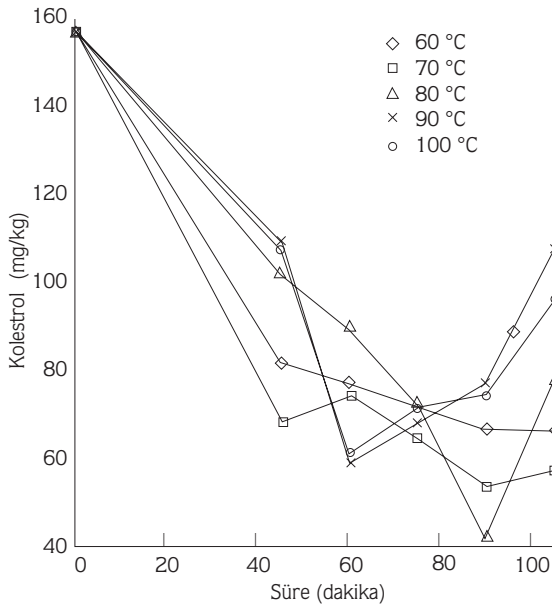
Örnek	α -tokoferol	%Kayıp	Sitosterol	%Kayıp	Kolesterol	%Değişim
Ayçiçek Yağı	487,5	-	999,0	-	-	-
Sığır İç Yağı	-	-	-	-	783,0	-
Karışım (80:20)	390,0	-	799,2	-	156,6	-
1	320,8	17,74	608,4	23,87	81,8	44,77
2	291,0	25,38	595,0	25,55	76,9	50,89
3	272,1	30,23	585,3	26,80	72,2	53,89
4	256,3	34,28	577,8	27,70	67,1	57,15
5	252,2	35,33	562,3	29,64	66,5	57,53
6	311,6	20,10	569,4	28,75	68,6	56,19
7	344,1	11,77	584,3	26,89	74,4	52,49
8	294,5	24,48	558,2	30,16	65,0	58,49
9	252,0	35,38	555,2	30,53	53,9	65,58
10	269,6	35,38	561,9	29,69	57,8	63,09
11	284,9	30,87	597,9	25,19	101,9	34,93
12	272,6	26,94	569,1	28,79	89,6	42,78
13	254,8	30,10	548,2	31,40	71,8	54,15
14	213,3	34,67	526,8	34,08	42,6	72,79
15	237,1	45,31	560,6	29,85	78,8	49,68
16	268,2	39,20	569,3	28,77	109,5	30,08
17	248,7	36,23	539,4	32,51	59,5	62,01
18	239,6	38,60	557,7	30,22	69,2	55,81
19	199,4	48,87	585,3	26,76	76,8	50,96
20	237,9	39,00	605,5	24,24	107,5	31,35
21	231,8	40,56	591,8	25,95	107,6	31,29
22	212,9	45,41	557,0	30,31	61,4	60,79
23	200,2	48,67	621,7	22,21	71,5	54,34
24	223,4	42,72	654,8	18,07	74,6	52,36
25	250,9	35,67	721,7	9,69	96,4	38,44



Şekil 1. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan interesterifikasyon tepkimelerinin α -tokoferol üzerine etkisi



Şekil 2. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan interesterifikasyon tepkimelerinin sitosterol üzerine etkisi



Şekil 3. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan interesterifikasyon tepkimelerinin kolesterol üzerine etkisi

süreden sonra yağ asitleri ile esterleşmeleri nedeniyle, giderek artan oranlarda korunduğu düşünülebilir. Çünkü tokoferoller ve steroller kimyasal açıdan yağlarda sabunlaşmayan maddeler kapsamında yer alan yüksek alkollerdir. Bu nedenle doğada yağ asitleriyle esterleşmiş veya serbest formda bulunabildikleri gibi, teknolojik işlemler sırasında işlem koşullarına bağlı olarak ester formların hidrolizi veya serbest formların esterleşmesi de sözkonusudur. Ayrıca esterleşmiş formları oksidatif tepkimelere karşı, serbest formlarına kıyasla daha stabildir.

Sterollerin yapısal değişimi ve digitoninle verdikleri çökme reaksiyonları üzerine yapılan çalışmalarda, interesterifikasyon sonucu ortamdaki toplam sterolde digitoninle çöken miktar yönünden bir değişikliğin söz konusu olmadığı, buna karşılık ortamdaki serbest sterollerin büyük bir kısmının yağ asiti esterlerine dönüştüğü belirtilmiştir (7,16). Araştırmacılar bunu bir sakınca olarak düşünmemektedirler, çünkü bu yapısal değişimin ağartma sırasında oluşacak muhtemel yapısal

dönüşümü büyük ölçüde engelleyeceği ve bunun yanında oksidasyon gibi tepkimelerin sadece serbest sterollerini etkileyebileceği belirtilmiştir (7).

Yapılan çalışmalarda, interesterifikasyon denemeleri sırasında tokoferol miktarının çok fazla azalmadığı (7), ancak elde edilen yağın oksidatif stabilitesinin düştüğü ifade edilmiştir (17). Buna neden olarak, ortamda bulunan tokoferollerin kısmen yağ asiti esterlerine dönüştüğü ve bu nedenle interesterifiye edilmiş yağların doğal hallerine kıyasla oksidasyon yönünden daha düşük bir stabilite gösterdiği belirtilmiştir.

Araştırmada 70°C ve daha sonraki sıcaklıklarda belirli sürelerden sonra her üç bileşiğin de miktarlarında görülen artışlar, bunların interesterifikasyon sırasında süre ilerledikçe yağ asitleriyle daha fazla esterleştiğini ve özellikle ağartma işlemleri sırasında daha fazla korunduğunu göstermekte, ayrıca serbest formların yağ asitleriyle esterleşme tepkimelerini hızlandırması nedeniyle sıcaklığın etkisi daha fazla olmaktadır. 70°C, 60. dakika uygulamasında görülen artış, bu sıcaklık ve sürede her üç bileşikte de esterifikasyonun başladığını ve bir önceki uygulamaya göre daha fazla korunduğunu düşündürmektedir. Bunun yanında sıcaklık yükselmesiyle bu bileşiklerin değişimi yalnızca 45. dakikalar göz önüne alınarak incelenmek istenirse, α -tokoferolde sıcaklık arttıkça sürekli bir düşüş olduğu, sitosterol ve kolesterolde ise özellikle 80°C'den sonra yükselmeler meydana geldiği görülmüştür.

Sonuçta, 70°C, 45 dakika ile daha sonraki sıcaklık ve sürelerde uygulanan interesterifikasyon denemelerinde, gliserolle birlikte yine alkol formunda olan α -tokoferol, sitosterol ve kolesterol bileşiklerinin de yağ asitleriyle esterleştiği ve bu esterleşme reaksiyonunun sıcaklık ve süre artışıyla birlikte hızlandığı, böylece oluşan ester formların serbest formlara kıyasla daha stabil olması dolayısıyla, gerek interesterifikasyon gerekse daha sonra uygulanan ağartma işlemlerinde daha az kayıplar meydana geldiği, bu nedenle de belirli bir noktadan sonra α -tokoferol, sitosterol ve kolesterolün diğer interesterifikasyon koşullarına kıyasla oksidatif tepkimelere karşı daha fazla korunduğu ortaya çıkmıştır.

Kaynaklar

1. Kaufmann, H. P., Die Gewinnung der Öle und Fette durch Lösungsmittelextraktion Sowie Ausschmelzen und Ihre Refination, 4. Lieferung, Neuzeitliche Technologie der Fette und Fettprodukte, Münster, 674-675, 1965.
2. Wachs, W., Gewinnung und Verarbeitung von Nahrungsfetten, II. Teil, Öle und Fette, 68-73, 1964.

3. Kayahan, M., Trigliseritlerdeki Asit Köklerinin Yerdeğişimi Tepkimelerinden Yararlanılarak Hayvansal Yağların Margarin Hammeddelerine İşlenebilmeleri Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniv. Gıda Fak. Yayınları, No:2, İzmir, 1-99, 1981.
4. Baltes, J., I. Reactionsmechanismus und Kinetik der Umesterung von Fetten. I. Mittl. Über Umestrsungreaktionen. Die Nahrung, 4.1-16, 1960.
5. Baltes J., Gewinnung and Verarbeitung von Nahrungsfetten, Verlag Paul Parey in Berlin und Norburg, 186-190, 1975.
6. Baltes, J., Technologien zur verarbeitung von Palmöl und dessen Verwendung, Fette Seifen Anst., 74: 41-50, 1975.
7. Anonymous. Die Umesterung von Speisefetten. Gemeinschaftsarbeiten der Deutsche Gesellschaft Für Fettwissenschaft, Sonderdruck aus Fette Seifen Anst. 75: 467-474, 587-591, 663-666, 1973.
8. Anonymous, Determination of Fatty Acids in the 2-position in the Trigliserides of Oils and Fats. Standard Methods of Oils and Fats, Division of the I.U.P.A.C., 84-88, 1976.
9. Feeter, D.K., Determination of Tocopherols, Sterols and Steryl Esters in Vegetable Oil Distillates and Residues, J.Am. Oil Chem. Soc. 51: 184-187, 1974.
10. Juliet, M.T., Vergleich der Vitamin und Antioxidans Wirkung der Verschiedenen Tocopherole bei der Wichtigsten Pflanzen Ölen, Fette II. Teil Seifen Anst., 77: 101-105, 1975.
11. Wong, M.M., Timms, R.E., Goh, E.M., Colorimetric Determination of Total Tocopherols in Palm Oil, Olein and Stearin, J. Am. Oil Chem. Soc. 65: 258-261, 1988.
12. Frankel, E. N., The Antioxidant and Nutritional Effects of Tocopherols, Ascorbic Acid and β -carotene in Relation to Processing of Edible Oils, Bibl. Nutr. Dieta. Basel. Karger, 43: 297-312, 1989.
13. Jawad, I. M., Kochhar, S. P., Hudson, B. J. F., The Physical Refining of Edible Oils, 2. Effect of Unsaponifiable Components, Lebensm. Wiss. Technol., 17: 155-159, 1984.
14. Kuafmann, H. P., Vennekel, E., Hamza, Y., Über die Veraenderung der Sterine in Fetten und Ölen bei der Industriellen Bearbeitung Desseben, I. Fette Seifen Anst., 72: 242-246, 1970.
15. Maerker, G., Cholesterol Autoxidation Current Status, J. Am. Oil Chem. Soc., 64: 388-391, 1987.
16. Kalo, P., Rinne, J., Huotari, H., Antila, M., Changes in the Contents of Cholesterols and Cholesteryl Esters Occuring During Lipase-Catalysed Interesterification Reactions, Fat. Sci. Technol., 95: 58-62, 1993.
17. Park, O.K., Terao, J., Matsushita, S., Influence of Interesterification on the Autoxidative Stability of Vegetable Oils, Agric. Biol. Chem., 47: 121-123, 1983.