



Araştırma Makalesi/Research Article

Yakın Kızıl Ötesi Spektroskopi (FT-NIR) Kullanarak Sütte NaHCO₃ Varlığının Tespiti

Mehmet Burak Büyükcın * 

İsmail Kavdır 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,
17100/Çanakkale.

* Sorumlu yazar: buyukcanb@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 06.04.2020

Kabul Tarihi: 09.09.2020

Öz

Süt endüstrisinde sıklıkla karşılaşılan sorunların başında tağşiş sorunu gelmektedir. Bu tip tağşişlerin başında süt içerisine sütün belirli miktarda bakteri üretimini engelleyici NaHCO₃ maddesinin eklenmesi gelmektedir. Kromatografik yöntemler ile tağşişli ürünler tespit edilebilmektedir fakat pahalı, zaman alıcı ve güvenilirlik dereceleri düşüktür. Bu kapsamda Fourier-Dönüşümlü Yakın Kızılötesi (FT-NIR) spektroskopi yöntemi kullanılarak zamandan yararlanmak, doğruluk derecesi yüksek ve düşük maliyette belirlenebilmesi bu çalışmada amaçlanmıştır. Bu amaçla yerel bir süt üreticisinden alınan ham sütlere dışarıdan ilave edilmek üzere belirli oranlarda (0.05-1 g/100 ml) NaHCO₃ ilave edilmiştir. Değişik oranlarda karıştırılan sütler FT-NIR spektroskopisi “Geçirgenlik (Transmittance)” metodunda spektrumları alınmıştır. Hiyerarşik kümeleme yöntemi analizine göre referans olarak tanımlanan ham sütler ile 0.05 ve 0.10 g/100 ml NaHCO₃ eklenen sütler eser miktarda olduğundan aynı kümede yer alırken daha yüksek oranda karıştırılan sütler farklı kümede yer almaktadırlar. IDENT yönteminde ise eşik değeri (threshold değeri) 0.00182 olarak belirlenmiştir. Bu değere bağlı olarak 0.05 ve 0.10 g/100 ml NaHCO₃ eklenen sütler sistem içerisinde “Kabul” olarak değerlendirilirken 0.20 ve 0.30 g/100 ml NaHCO₃ eklenen sütler “Ret” olarak değerlendirilmiştir. Fakat IDENT yöntemi 0.40-1 g/100 ml NaHCO₃ eklenen sütleri de “Kabul” olarak değerlendirmiştir. Yapılan analizler neticesinde IDENT yöntemi %57 başarı performansı elde edilmiştir. FT-NIR spektroskopi yöntemi süt ve süt ürünlerin üzerinde yapılan tağşişlerin belirlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabilir. **Anahtar Kelimeler:** FT-NIR Spektroskopisi, NaHCO₃, Tağşiş, hasarsız tahminleme

Detection of NaHCO₃ in Milk Using Near Infrared Spectroscopy

Abstract

The problem of adulteration is one of the most common problems in the dairy industry. At the beginning of this type of adulteration is the addition of NaHCO₃, which prevents milk from producing a certain amount of bacteria. Adulterated products can be detected by chromatographic methods, but they are expensive, time-consuming and have low reliability. In this context, it was aimed to determine adulteration in milk using Fourier-Transform Near Infrared (FT-NIR) spectroscopy method taking the advantage of time with high accuracy and low cost. For this purpose, NaHCO₃ has been added, in certain proportions (0.05-1 g / 100 ml), to the milk obtained from a local dairy producer. FT-NIR transmittance spectrums of milk samples were acquired. According to the hierarchical clustering analysis method, the reference milk samples and 0.05 and 0.10 g/100 ml NaHCO₃ added milk samples were classified as one group while the milk samples with higher amount of added NaHCO₃ were classified as different cluster. In the IDENT method, a threshold value was determined as 0.00182. Depending on this value, 0.05 and 0.10 g/100 ml NaHCO₃ added milk samples were evaluated as “Acceptance” in the system, while 0.20 and 0.30 g / 100 ml NaHCO₃ added milk samples were evaluated as “Reject”. However, the IDENT method evaluated 0.40-1 g/100 ml NaHCO₃ added milk samples as “Acceptance”. As a result of the analysis, the IDENT method achieved 57% success performance. FT-NIR spectroscopy method can be used successfully in determining adulterations in milk and milk products.

Keywords: FT-NIR Spectroscopy, NaHCO₃, adulteration, nondestructive prediction

Giriş

Süt ve süt ürünleri insan beslenmesi açısından önemli bir gıda kaynağıdır. Özellikle çiğ süt; işlem görmüş pastörize sütlere kıyasla bağışıklık sisteminin güçlenmesinde ve kemik gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Ülkemizde sığır, koyun ve keçi sütleri en fazla tüketilen süt çeşitleri olarak belirtilmektedir. TÜİK verilerine göre 2018 yılı itibari ile yaklaşık 35 M baş koyun, 17 M baş sığır ve



11 M baş keçi bulunmaktadır. Yine 2018 yılı verilerine göre 6.337 M baş inek yaklaşık 20 M ton, 18.819 bin baş koyun yaklaşık 1.446 bin ton ve 5.327 bin baş keçi ise 561 bin ton süt vermektedir. Toplam da ise yaklaşık 30.484 M baş sağlıklı hayvandan 5.348 bin ton süt üretimi gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2019a).

Süt özellikle sağlık açısından dengeli beslenmede önemli rol oynamaktadır. Çocukluk, gebelik ve yaşlılık döneminin her aşamasında yer alan kemik sağlığı açısından da oldukça önemlidir (Anonim, 2008). Süt, içerisinde yağ, yüksek kalite protein, laktoz, vitamin ve mineraller bulunmaktadır (Vaclavik & Christian, 2008). Protein, kalsiyum, B2 ve B12 vitaminleri, fosfor gibi birçok besin maddesinin ana içerikleri bakımından oldukça önem arz etmektedir (Turan ve ark., 2017). Özellikle kalsiyum ve fosfor içerikleri ile insan sağlığı açısından önemli bir besin grubu olarak değerlendirilmektedir.

Süt, üretildiği andan soframıza gelene kadar birçok aşamadan geçmektedir. Bu aşamalarda ise günümüz gelişen teknolojisinden süt üreticileri ve endüstriyel boyuttaki süt işleme tesisleri maksimum düzeyde faydalanabilmektedir. Bilim ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte üretilen ürünlerin belirli standartlarda ve kalitelerde üretilmesi mümkün olabilmektedir. Fakat son yıllarda ortaya çıkan gıda sahteciliği ile bu durum sektöre uğratılmaktadır. Gıdalarda yapılan sahtecilik ya da dolandırıcılıklar, gıda ürünlerinin içerisine kalitesiz veya zararlı kimyasal malzemelerin eklenmesi ile mevcut gıda ürünlerinin kalitelerinin düşürülerek piyasaya sunulması ile yapılabilmektedir. Aynı zamanda sadece mevcut orijinal ürüne ekstra kimyasal ya da başka etken maddelerinin eklenmesinin yanında gıda maddelerinin yetiştirilmesi ya da üretilmesinde, taşınmasında, depolanmasında ve paketlenmesinde ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2018a).

İsminden de anlaşılacağı üzere tağşiş, bir şeyin içine başka bir madde karıştırma anlamına gelmektedir. 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu madde 3/63'e göre tağşiş, bu kanun kapsamındaki ürünlere temel özelliğini veren öğelerin ve besin değerlerinin tamamının veya bir bölümünün mevzuata aykırı olarak çıkarılmasını veya miktarının değiştirilmesini veya aynı değeri taşımayan başka bir maddenin, o madde yerine aynı maddeymiş gibi katılmasıdır (Anonim, 2010).

Gıda içerikli yapılan sahtecilik ya da dolandırıcılıklar sadece ekonomik anlamda bir sorun olmaktan ziyade insan sağlığı açısından da önemli riskler taşımaktadır (Santos et al., 2013). Özellikle süt ve süt ürünlerinde yapılan hileler hem ekonomik anlamda hem de sağlık açısından önem arz etmektedir. Ticari açıdan bakıldığında süttten yağ çekilmesi, asitlik gelişimini örtmek amacıyla nötrleyici madde kullanmak, su karıştırılması, uzun raf ömrü olması açısından bazı yasak maddelerin (Hidrojen Peroksit, Sodyum Karbonat, Borik Asit v.b.) eklenmesi sütte yapılan hilelerin başında gelmektedir (Anonim, 2019b). Aynı zamanda süt ürünlerine de yapılan hileler oldukça fazladır. Yoğurdun yapım aşaması sırasında daha kıvamlı olabilmesi için un, nişasta, jelatin gibi maddeler ilave edilmektedir. Beyaz peynire peynir altı suyunun eldesinden sonra bu suyun kaynatılması ve bu suya nişasta, un, kireç gibi maddelerin ilavesi yapılmaktadır. Kaşar peynirlerin üretimi esnasında patates püresinin konulması diğer bir hile yöntemleri arasında yer almaktadır. Tereyağı yapımında süt kreması yerine çeşitli sıvı yağların kullanılması başlıca tağşiş yöntemleri arasında gösterilmektedir (Anonim, 2019c). Yukarıdaki örneklerden de anlaşılacağı üzere süt ve süt ürünleri üzerinde çeşitli yöntemlerle tağşiş uygulamaları ticari firmalar tarafından gerçekleştirilmektedir.

Süte katılan NaHCO_3 halk arasında kabartma tozu olarak ifade edilmektedir. Süt kesilmesi; çiğ sütün ısıtma işlemi gördükten sonra sıcaklık ve mikrobiyal faaliyet gibi çeşitli olumsuz durumlardan dolayı pıhtı oluşmasını ifade etmektedir. Sodyum bikarbonat (NaHCO_3), sütün kesilmesini engelleyici nitelikte olduklarından üreticiler süt içerisine bu tip çeşitli kimyasal maddeler koyarak bu istenmeyen durumun önüne geçmeye çalışmaktadır. Sodyum bikarbonat kullanımı ile sütte oluşabilecek asidin nötrleştirilmesi sağlanmaktadır. Bu tip maddelerin ilave edildiği sütte beklenen asitlik düzeyi istenilen değerlerde olmamakta, proteolitik bakteriler için uygun koşullar sağlanmakta ve sütte pıhtılaşma gecikmektedir. İşte bu nedenlerden dolayı ve ayrıca yukarıda da bahsi geçen NaHCO_3 maddesinin kullanılması ile sağlıksız ortamlarda üretilen ve mikrobiyal yükün neden olduğu asitlik düzeyinin artmasını yasal olmayan yollar ile engellemeye çalışmak için bu tip ek kimyasal maddelerin süte karıştırıldığı bilinmektedir (Anonim, 2019b).

Gıda ürünlerinin kaliteleri ve gıda güvenliği müşterilerin gıda temini ve tüketiminde en dikkat ettikleri konuların başında gelmektedir. Tüketiciler tükettikleri gıdaların kaliteli ve gıda güvenliği



kurallarına uygun bir şekilde üretilmiş, depolanmış ve taşınmış olmalarına özen göstermektedir. Bu durumda da üreticiler daha kaliteli ve sağlam ürünleri tarladan sofraya getirmek için üretim, fabrikasyon ya da ürünlerin lojistiğinde yüksek kalite aramaktadırlar (Cen and He, 2007). Fakat gıda ürünlerinin sınıflandırma ve kalite tespit işlemleri oldukça zahmetli, zaman alıcı ve bir o kadar da maliyet gerektirmektedir. Yakın kızıl ötesi Spektroskopisi (NIRS) sistemleri gibi teknolojik teknikler yardımıyla ürün kalitelerinin tespitini gerçekleştirmek oldukça kolaylaşmıştır. Bu tip sistemlerin avantajları olarak, hızlı bir şekilde ürün kalite ve zarar durumlarını tespit edebilmesi, güvenilirlik değerlerinin yüksek olması, analitik yöntemlerde kullanılan kimyasal maddelerin yerine optik sensörler kullanılması sebebiyle hem sağlık açısından zararsız hem de ucuz olması söylenebilmektedir.

NIRS sistemleri kullanılarak gıda ürünlerinin kalite parametrelerinin hasarsız bir şekilde belirlenmesi için çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Elma (Clark ve ark., 2003; Nicolai ve ark., 2006; Giovanelli ve ark., 2014), kayısı (Buyukcan ve Kavdır, 2017; Carlini ve ark., 2000; Camp ve Christen, 2009; Berardinelli ve ark., 2010), zeytin (Galtier ve ark., 2007; Kavdır ve ark., 2009) gibi ürünlerin NIRS spektroskopisine dayalı çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu tip gıdalarda yapılan sahtecilik uygulamalarının tespitinde kimyasal kullanarak analizler gerçekleştirilmektedir. Kimyasal kullanılarak yapılan bu işlemler, ekonomik olarak maliyeti arttırmakla birlikte oldukça zaman alıcı analizlerdir.

Bu çalışma kapsamında, taze süt üzerinde yapılan hilelerden biri olan NaHCO_3 'ün FT-NIR spektroskopisi yöntemi ile kullanarak tahminleme modelinin geliştirilmesi ve hasarsız bir şekilde tespiti amaçlanmaktadır. Bu kapsamda ineklerden alınan taze günlük sütler NaHCO_3 karıştırılarak tağşişli süt elde edilmiştir. Laboratuvarında bulunan FT-NIR spektroskopisi yardımıyla saf süt ile tağşişli süt örneklerinin spektrumları alınmıştır. Tağşişli olan ve tağşişli olmayan süt örneklerinden alınan spektrumlar IDENT yöntemi kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmiştir. Burada FT-NIR spektrometresinden alınan spektrumlar ile yeni bir model geliştirilip tağşişli süt ile saf sütün FT-NIR spektrometresi tarafından hasarsız bir şekilde ayırt edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılmak üzere temin edilen sütler sağlıklı ineklerden alınmıştır. Sağlıklı ineklerden elde edilen günlük sütler sağımdan hemen sonra alınıp Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'na $+4\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığa sahip taşıma kaplarında stabil bir şekilde getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen sütler 100 ml'lik cam beherlere konularak içerisine 0,05-1 g/ 100 ml NaHCO_3 arasında eklemek koşulu ile homojen bir karışım elde edilmiştir. Elde edilen karışımlar daha sonra Çizelge 1'de gösterilen oranlarda ve tekerrür sayısında FT-NIR spektrometre ölçümü için 8 ml'lik cam kuvars tüplere doldurulmuş olup spektral ölçümleri alınmıştır.

Çizelge 1. Karşım oranları ve ölçüm adetleri

Örnek Karışımlar (100 ml süte karıştırılan NaHCO_3 miktarı)	Ölçüm Adedi
0 g (Ham Süt) (Referans)	50
0.05 g (NaHCO_3)	50
0.10 g (NaHCO_3)	50
0.20 g (NaHCO_3)	50
0.30 g (NaHCO_3)	50
0.40 g (NaHCO_3)	50
0.50 g (NaHCO_3)	50
1 g (NaHCO_3)	50
Toplam Ölçüm Adeti	400

Denemelerde Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarın da bulunan FT-NIR spektrometresi (MPA FT-NIR spektrometre, Bruker Optik, GmbH, Ettlingen Germany) (Şekil 1) kullanılmıştır. Cihaza bağlı InGaAs ışık dedektörü ve yüksek yoğunluklu tungsten-halogen NIR ışık kaynağı (20 watts) bulunmaktadır. Süt analizleri sıvı ölçümleri “Sample Compartment (SC)” yönteminde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin SC ölçümleri 780-2500 nm spektrum aralığında gerçekleştirilmiş olup spektrum analizleri OPUS yazılımında (Bruker Optik, GmbH, Ettlingen, Almanya) yapılmıştır. Süt karışımları ve ham sütlerin spektral ölçümleri; çözünürlüğü 8 cm^{-1} ve 128 tarama olacak şekilde elde edilmiştir.

Süt karışım analizleri, OPUS programı içerisinde yer alan IDENT analiz yöntemi ile kullanılarak analiz edilmiştir. Bu yöntemde, önce referans spektrumlar analiz edilerek programa işlenmiş ve daha sonra karışımlardan rastgele alınan (bilinmeyen spektrum-Test Spektrum) spektrumlar referans spektrumları ile karşılaştırılmıştır. IDENT yöntemi, referans spektruma en yakın olan test spektrumunu belirlemekte ve test ile referans spektrumları arasındaki sapmaları tanımlayabilmektedir. Eğer tanımlamalar daha önceden istatistiksel olarak belirlenmiş eşik değerlerinin altında ise tahminleme “doğru”, eğer tanımlamalar eşik değerlerinin üstünde ise tahminleme “yanlış” olarak değerlendirilmektedir. IDENT yöntemi, aşağıda verilen Öklit uzaklık prensibine (Şekil 1) dayanarak yapılmaktadır.

$$D = \sqrt{\sum_k (a(k) - b(k))^2}$$

Şekil 1. Öklit Uzaklık Prensibi

Bu eşitlikte uzaklık (D) test spektrumları ile referans spektrumları arasındaki uzaklık olarak tanımlanmaktadır. $a(k)$ ve $b(k)$, a ve b spektrumlarında ki ordinat değerlerini ifade etmektedir. Ayrıca sonuçlar üzerinde Kümeleme (Cluster) analizde uygulanmıştır. Kümeleme analizi Ward’s metoduna göre yapılmıştır (Şekil 2). Ward’s metodu homojen grupları bulmak için kullanılmaktadır. Ward algoritması IDENT metodun olduğu gibi spektral mesafe ölçümü yerine H heterojenite faktöründeki büyümeye göre karar verebilmektedir.

$$H(r, i) = D(r, i) = \frac{[n(p) + n(i)]D(p, i) + [n(i) + n(q)]D(q, i) - n(i)D(q, i)}{n + n(i)}$$

Şekil 2. Ward algoritma prensibi

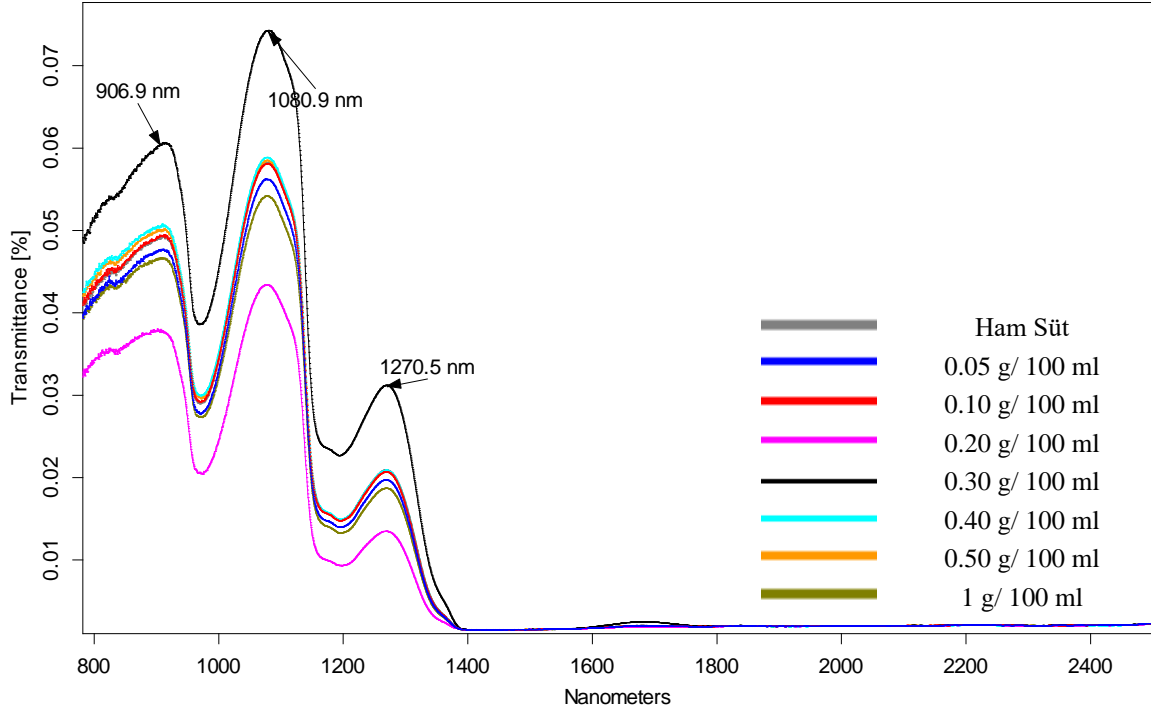
Bulgular ve Tartışma

Yakın kızıl ötesi spektroskopisi (FT-NIR) kullanılarak sütte NaHCO_3 varlığının tespit edilmesini amaçlayan bu çalışmada elde edilen spektrumların hangi dalga boyu aralıklarında oldukları ve önemli piklerin hangileri olduğu, belirli oranlarda ham sütlere konulan NaHCO_3 maddesinin kümeleme ve IDENT istatistik metotları ile belirlenmesi ve bu kapsamda FT-NIR spektroskopisi ile NaHCO_3 taşıdığı ürünlerin FT-NIR spektroskopisi kullanılarak tahmin modellerinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur.

Şekil 3’de ham süt ve NaHCO_3 karıştırılmış sütlerin FT-NIR spektrumlarına ait grafik yer almaktadır. Geçirgenlik (Transmittance) ölçümlerinde 906, 970, 1080, 1152-1242, 1270 ve 1470 nm dalga boylarında tespit edilen pikler önemlidir. Kavdır ve ark.,(2009) yapmış oldukları çalışmada 970, 1152-1242 ile 1400 nm’ler yer alan pikleri su pikleri olarak değerlendirmiştir ve çalışmada elde edilen spektrum pikleri benzer sonuçlar göstermiştir.

Ham süt spektrumu referans spektrum olarak kabul edilmiştir. Referans spektrumuna uzaklık ve yakınlık dereceleri baz alınarak analiz teknikleri geliştirilmiştir. Ham süt referans spektrumu ile 0.05 ile 0.10 g/100 ml NaHCO_3 eklenmiş karışımlar benzerlik göstermiştir. Ayrıca 0.20 ve 0.30 g/100 ml NaHCO_3 eklenmiş örneklerin spektrumları referans spektrumlarına göre daha uzak konumda olduklarından benzerlik göstermemektedirler. Tsenkova ve ark. (1999) belirttiğine göre 960, 1440 ve 1950 nm dalga boylarında güçlü su absorbanları yer almaktadır. 930-1100, 1212-1391 ve 1728-1763 nm aralığında belirtilen pikler sütte bulunan yağ içeriğini göstermektedir. 970 nm dalga boyunda en

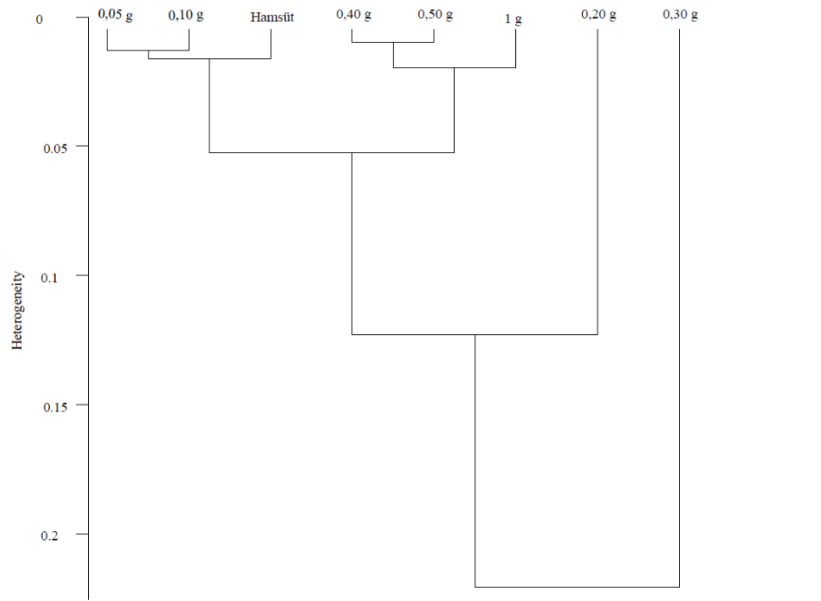
yüksek iletim değeri yağda bulunan C-O molekül bağları ile ilişkilendirmiştir (Wang ve ark., 2015). Ayrıca 812 ile 1064 nm arasında oluşan dalga boylarını laktöz içeriği ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Aernouts ve ark., (2011) yapmış oldukları çalışmada 970, 1190, 1450 ve 1950 nm’lerde düşük transmittance sonuçlarını elde etmişler ve bu düşük transmittance değerlerinin yüksek su absorpsiyonundan ileri geldiğini belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da benzer dalga boyları sonuçlarının yer aldığı görülmektedir.



Şekil 3. NaHCO₃ ile karıştırılmış sütlerin FT-NIR spektrumları

Kümeleme Metodu ile Tahminleme

Kümeleme testinde ham sütler ve ham sütlere belirli oranlarda karıştırılmış NaHCO₃ karışımlarının ortalamaları alınmış NIR spektrumları kullanılmıştır. Hiyerarşik Küme Analizi Dendrografik tablosu Şekil 4’te yer almaktadır. Hiyerarşik küme analizinde tüm alt kümeler değerlendirilirken 1383 ile 781 nm NIR spektrum aralığı baz alınmıştır. Karışımların sınıflandırılması için Ward algoritma metodu kullanılmıştır. Hiyerarşik küme analizine bakıldığında ham sütler ile 0.05 ve 0.10 g/100ml NaHCO₃ eklenmiş sütler aynı kümede yer aldığı belirlenirken 0.40, 0.50 ve 1 g/100 ml NaHCO₃ eklenmiş süt karışımları ayrı bir kümede yer aldığı saptanmıştır. Bu kapsamda 30.06.2013 tarihli Resmi Gazetede yer alan Türk gıda kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliğinin 01.5 kategori numaralı Türk Gıda Kodeksi Koyulaştırılmış Süt ve Süttozu Tebliği’nde tanımlanan koyulaştırılmış süt ve süttozu’na eklenecek olan ve Grup II’de yer alan E 500 kodlu Sodyum Hidrojen Karbonat (sodyum Bikarbonat) maksimum miktarını *quantum satis* (Belirlenmemiş miktar) olarak tanımlanmaktadır. Tebliğe göre sütlerin içerisine NaHCO₃ ek maddesinin konulmaması gerektiğini tanımlanmaktadır. Wang ve ark., (2015) yapmış oldukları çalışmada taze sütlerin 8 gün depolama boyunca pH, asitlik ve laktöz içeriklerinde ki değişimlerini NIR spektroskopisi kullanılarak tahminlemişlerdir. Yaptıkları kümeleme analizinde 1 ve 2. gün sütler diğer depolama günlerinde ki sütlerden farklı grupta olduklarını belirtmişlerdir.



Şekil 4. Ward metoduna göre analiz edilmiş Dendrografik sınıflandırması

IDENT Metodu ile Tahminleme

IDENT metodu kullanılarak yapılan analiz sonuçları Çizelge 2’de yer almaktadır. Sonuçlardan görüldüğü üzere ham sütler referans madde olarak tayin edilmiştir. 0.05 ve 0.10 g/100 ml NaHCO₃ eklenmiş sütler referans olan ham sütler yakın bir uzaklık değeri (hit quality) elde edildiği belirlenmiştir. Dolayısı ile tahminleme işlemi “Kabul” olarak değerlendirilmektedir. 0.20 ve 0.30 g/100 ml NaHCO₃ eklenmiş sütlerde ise Hit Quality değerlerimiz referans Eşik değerine daha uzak bir sonuç elde ettiğinden “Ret” olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 0.05 ile 0.30 g/100 ml NaHCO₃ eklenmiş sütlerde kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Fakat 0.40, 0.50 ve 1 g/100 ml NaHCO₃ eklenmiş sütlerde ise Hit Quality değerlerinin eşik değerine yakın olduğu ve sistem tarafından “Kabul” olarak değerlendirilmektedir. Bu durum yüksek dozlarda eklenen NaHCO₃ maddesinin sistem tarafından tam olarak doğru algılanmadığı anlamına gelmektedir. Fakat IDENT analiz yönteminin genel başarısına bakıldığında 350 toplam örnek içerisinde 200 örnek doğrulaması başarılı ve 150 örnek doğrulaması başarısız olmuştur. Bu durumda sistemin genel analiz performansı %57 olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 2. IDENT metodu kullanılarak yapılan tanımlama analizi

Örnek (g/100 ml NaHCO ₃)	Hit Quality	Threshold (Eşik değeri)	Kabul-Ret
0.05	0.00044	0.00182	Kabul
0.10	0.00004	0.00182	Kabul
0.20	0.00309	0.00182	Red
0.30	0.00351	0.00182	Red
0.40	0.00021	0.00182	Kabul
0.50	0.00014	0.00182	Kabul
1	0.00079	0.00182	Kabul
Ham Süt	0.00000	0.00182	Referans

Sonuç ve Öneriler

Yakın Kıvılcık Ötesi Spektroskopisi (FT-NIR) Kullanılarak Sütte NaHCO₃ Varlığının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmamızda ham örneklere dışarıdan eklemek koşulu ile NaHCO₃ değişik miktarlarda eklenmiş ve farklı miktarlarda eklenen karışım örneklerinin (Toplam 400 örnek) FT-NIR spektroskopisi kullanılarak uzaklık farklarına dayalı kümeleme ve IDENT modelleri geliştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ham sütler referans madde olarak seçilmiştir. 0.05 ve 0.30



g/100 ml NaHCO₃ olan karışım sütlerinde FT-NIR spektroskopisi başarılı bir şekilde tahmin etme işlemini yerine getirmiştir. 0.05 ve 0.10 g/100 ml NaHCO₃ karışımları sütün kimyasal yapısını etkileyecek düzeyde karışımlar olmadığından “Kabul” olarak değerlendirilmiştir. 0.20 ve 0.30 g/100 ml NaHCO₃ karışımı sütler ise sütün kimyasal yapısını bozacak düzeyde miktarlar olduğundan dolayı “Ret” olarak belirtilmiştir. Fakat 0.40, 0.50 ve 1 g/100 ml NaHCO₃ ekli süt karışımlarının modellenmesi ve tahminlenmesinde sistem başarısı düşük sevide olmuştur.

Fakat genel olarak bakıldığında modelleme ve sistem toplam tahmin edilecek örnek sayısı dikkate alındığında %57 oranında başarılı olduğu ve ileride yapılacak çalışmalar için umut verici sonuçlar elde edildiği söylenebilmektedir. Her ne kadar FT-NIR sistemi ve modellerin yüksek dozlarda NaHCO₃ eklenmiş tağışlı sütlerin tahmini için geliştirilmesi gerekse de FT-NIR spektroskopisi gibi hasarsız ve teknolojik sistemler gıda ürünlerinin kalitelerini değerlendirme ve tahminleme açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Çalışmamızda kullandığımız metodların sütlerdeki kalite parametrelerini belirlemede ve tağış gibi istenmeyen durumların tespitini hasarsız, daha ekonomik ve hızlı bir şekilde yapabilmek için geliştirilmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

Not: Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2018-2607

Kaynaklar

- Aernouts, B., Polshin, E., Lammertyn, J., Saeys, W., 2011. Visible and near-infrared spectroscopic analysis of raw milk for cow health monitoring: Reflectance or transmittance. *J. Dairy Sci.* 94: 5315–5329.
- Anonim, 2008. Beslenmede Sütün Önemi. Sağlık Bakanlığı, Yayın No: 727. ISBN: 978-975-590-243-2
- Anonim, 2010. 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara. Erişim Tarihi: 16.11.2019
- Anonim, 2018a. <https://foodsafetyhelpline.com/2014/08/food-adulteration/>. Erişim Tarihi: 15.05.2018.
- Anonim, 2019a. http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=31590&tipi=17&sube=0. Erişim Tarihi: 23.11.2019.
- Anonim, 2019b. <https://gida.erciyes.edu.tr/upload/4J662H7sutte-sikca-karsilasilan-hileler-ve-saptamayontemleri.pdf>. Erişim Tarihi: 15.05.2019.
- Anonim, 2019c. <http://gidabilgi.com/Makale/Detay/sut-ve-sut-urunlerinde-yapilan-hile-ve-tagsisler-80d168>. Erişim Tarihi: 12.10.2019.
- Berardinelli, A., Cevoli, C., Silaghi, F.A., Fabbri, A., Ragni, L., Giunchi, A., Bassi, D., 2010. FT-NIR Spectroscopy for the Quality Characterization of Apricots (*Prunus Armeniaca* L.). *Journal of food science.* 75(7): E462-E468.
- Buyukcan, M.B., Kavdir, I., 2017. Prediction of some internal quality parameters of apricot using FT-NIR spectroscopy. *Journal of Food Measurement and Characterization.* 11(2): 651-659.
- Camps, C., Christen, D., 2009. Non-destructive assessment of apricot fruit quality by portable visible-near infrared spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology.* 42(6): 1125-1131.
- Carlini, P., Massantini, R., Mencarelli, F., 2000. Vis-NIR measurement of soluble solids in cherry and apricot by PLS regression and wavelength selection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 48(11): 5236-5242.
- Cen, H., He, Y., 2007. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 72–83.
- Clark, C.J., McGlone, V.A., Jordan, R.B., 2003. Detection of Brownheart in ‘Braeburn’ apple by transmission NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology.* 28(1): 87-96.
- Galtier, O., Dupuy, N., Le Dréau, Y., Ollivier, D., Pinatel, C., Kister, J., Artaud, J., 2007. Geographic origins and compositions of virgin olive oils determined by chemometric analysis of NIR spectra. *Analytica chimica acta.* 595(1-2): 136-144.
- Giovanelli, G., Sinelli, N., Beghi, R., Guidetti, R., Casiraghi, E., 2014. NIR spectroscopy for the optimization of postharvest apple management. *Postharvest Biology and Technology.* 87: 13-20.
- Kavdir, I., Buyukcan, M.B., Lu, R., Kocabiyyik, H., Şeker, M., 2009. Prediction of olive quality using FT-NIR spectroscopy in reflectance and transmittance modes. *Biosystems Engineering.* 103(3): 304-312.
- Nicolaï, B.M., Lötze, E., Peirs, A., Scheerlinck, N., Theron, K.I., 2006. Non-destructive measurement of bitter pit in apple fruit using NIR hyperspectral imaging. *Postharvest Biology and Technology.* 40(1): 1-6.
- Santos, P.M., Pereira-Filho, E.R. and Rodriguez-Saona, L.E., 2013. Rapid detection and quantification of milk adulteration using infrared microspectroscopy and chemometrics analysis. *Food Chemistry.* 138: 19–24.



- Turan, Z., Şanver, D., Öztürk, K., 2017. Türkiye’de Hayvancılık Sektöründen Süt İnekçiliğinin Önemi ve Yurt İçi Hasılaya Katkısı ve de Dış Ülkelerle Karşılaştırılması. Ömer Halisdemir Üni. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 10(3): 60-74).
- Tsenkova, R., Atanassova, S., Toyoda, K., Ozaki, Y., Itoh, K., Fearn, T., 1999. Near-Infrared Spectroscopy for Dairy Management: Measurement of Unhomogenized Milk Composition. Journal of Dairy Science. 82(11): 2344-2351.
- Vaclavik, V.A., Christian E.W., 2008. Essential of Food Science. NewYork, USA: Springer Springer Science+Business Media, LLC. ss: 237-268.
- Wang, Y., Ding, W., Kou, L., Li, L., Wang, C., Jurick, W.M., 2015. A Non-Destructive Method to Assess Freshness of Raw Bovine Milk Using FT-NIR Spectroscopy. Journal of Food Science and Technology. 52(8): 5305-5310.