

Süt ve Ürünlerinin Duyusal Değerlendirmesinde Kemometrik Yaklaşımlar

Gökçe Eminoğlu , Ebru Şenel 

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi (Received): 08.02.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 23.12.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): senel@agri.ankara.edu.tr (E. Şenel)

☎ 0 312 596 13 00 📠 0 312 318 22 19

ÖZ

Duyusal değerlendirme, insanların fiziksel ve kimyasal uyarılara karşı tepkilerini ölçme şeklidir. Gıdaların duyusal değerlendirilmesinde insan duyuları ile elde edilen veriler tamamen kontrol edilememekte ve varyasyonlar ortaya çıkabilmektedir. Duyusal değerlendirmelerde doğru istatistiksel yöntemlerin kullanılması bu varyasyonları en aza indirerek daha sağlıklı sonuçlar almayı sağlamaktadır. Dolayısıyla duyusal değerlendirmelerden elde edilen sonuçların yorumlanmasında tek değişkenli istatistiksel yöntemlerden farklı olarak çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin kullanılması daha uygun olmaktadır. Kemometri süt ve süt ürünlerinin üretim parametrelerinin kontrolü ve kalite değerlendirmesinde oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Kemometrik analizler süt endüstrisinde ve araştırmalarında kimyasal analizler ile duyusal değerlendirmede sonuçlarının ilişkilendirilmesinde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Duyusal değerlendirme, Kemometri, Çok değişkenli istatistiksel analiz

Chemometric Approaches in Sensory Evaluation of Dairy Products

ABSTRACT

Sensory evaluation is the method where people measure their reactions to physical and chemical stimuli. The data obtained with human senses in the sensory evaluation of foods cannot be completely controlled and variations can occur. The use of correct statistical methods in sensory evaluation ensures that these variations are minimized, resulting in more reliable results. Accordingly, it is more proper to use multivariate statistical methods rather than univariate statistical methods to interpret the results obtained from sensory evaluations. Chemometry is a very useful method in the control and quality evaluation of production parameters of dairy products. Chemometric analysis can be used to correlate the results of chemical analyzes with sensory evaluation results in dairy industry and research.

Keywords: Sensory evaluation, Chemometrics, Multivariate statistical analysis

GİRİŞ

Duyusal değerlendirme, gıdaların çeşitli karakteristiklerine görme, koklama, tatma, dokunma veya işitme duyularının tepkilerini oluşturan, ölçen, analiz eden ve yorumlayan bir disiplindir [1]. Duyusal değerlendirme ile süt ve süt ürünlerinin kaliteleri hakkında çok önemli bilgiler elde edilmektedir. Ürünlerde kalite kontrolü sağlamak, yeni ürünler geliştirmek ve tüketici isteklerini belirlemek gibi bilgilere ancak duyusal

analizlerle ulaşılabilir. Duyusal analiz verilerindeki varyasyonlara çok sayıda faktör etki etmektedir. Duyusal değerlendirmelerde duyu organlarının bir araç olarak kullanılması bu varyasyonların artmasına neden olmaktadır. Duyusal değerlendirmenin subjektif bir değerlendirme değil objektif bir değerlendirmeye dönüşmesi ancak duyusal değerlendirmenin dikkatli planlanması ve koşulların optimize edilmesi ile sağlanabilmektedir [2].

Araştırmalarda elde edilen iki ya da daha fazla özellik arasında bir ilişkinin olup olmadığını incelerken, tek değişkenli istatistiksel yöntemlerinin yeterli olmaması, bilimsel çalışmalarda karşılaşılan bir problemdir. Bunun nedeni, elde edilen bir sonuca ait verileri, çok sayıda özelliğin etkilemesi ve bu özelliklerin arasında ilişkilerin bulunmasıdır. Bu durumda, araştırmadan daha sağlıklı sonuçlar elde etmek amacıyla iki veya daha fazla özellik kümesi arasındaki ilişkinin belirlenmesi, çok değişkenli analiz tekniklerini ön plana çıkarmıştır [3,4].

Bu çalışmada; kemometrinin tanımı, kullanıldığı alanlar ve duysal değerlendirmede kemometrik yöntemlerin uygulanmasına ilişkin bilgiler ve örnekler sunulmuştur. Ayrıca bu yöntemler içerisinde sıklıkla kullanılan çok değişkenli istatistik yöntemleri hakkında da bilgiler verilmiştir.

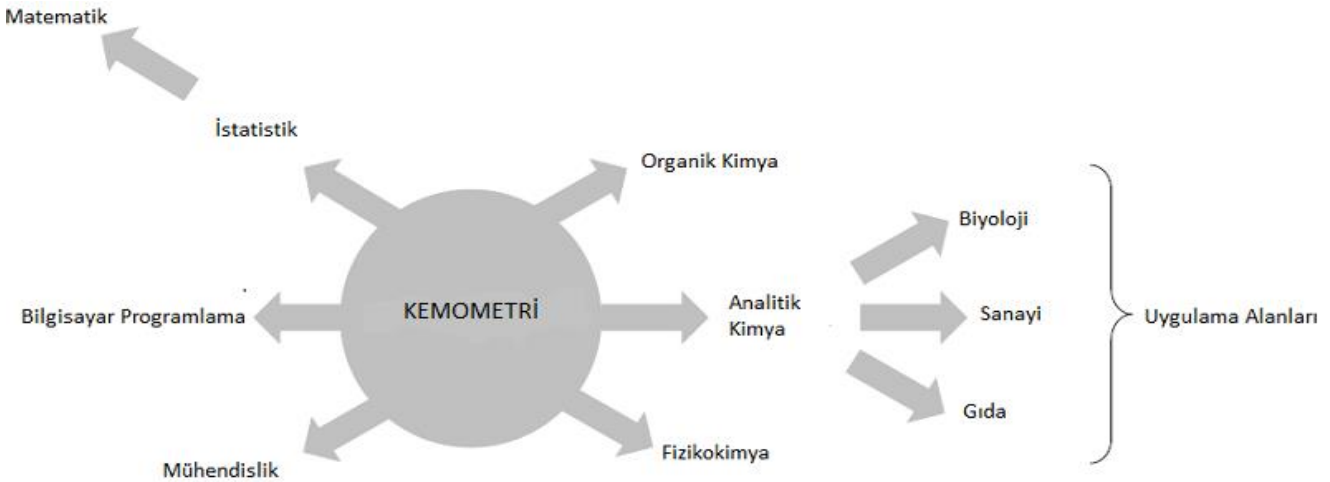
KEMOMETRİNİN TANIMI ve UYGULAMA ALANLARI

Kemometri kelime olarak, İngilizcede kimya ve ölçme kelimelerinin bir araya gelmesinden meydana gelmiş olup gelişen bilgisayar teknolojisi ile birlikte ortaya çıkmıştır. Kemometrik yöntemlerin 1970'li yıllarda istatistik ve matematiksel yöntemler ile birlikte bilgisayar ve yazılımların kullanıldığı kimya uygulamaları için kullanılmaya başlanmıştır. Kemometri, kimyada

uygulanan çeşitli ölçme ve değerlendirme işlemlerine istatistik ve matematik kullanılarak bilgisayar yardımı ile kimyasal verilerin işlenmesini sağlayan bir disiplindir [5].

1974'te kurulan Uluslararası Kemometri Topluluğu'na göre kabul edilen kemometri tanımı; uygun ölçme işlemleri ve deneylerin seçimi veya tasarımı için matematik ve istatistik yöntemlerini kullanan ve kimyasal verilerin analizinden maksimum bilgi sağlayan kimyasal bir disiplindir [6].

Kimyada deneysel verilerin değerlendirilmesi neden sonuç ilişkilerinin belirlenmesi açısından istatistiğin ilkelerine, veri gruplarının oluşturulması ve anlamlandırılması açısından veri madenciliği yöntemlerine, kabul edilebilir deney tasarımlarının gerçekleştirilebilmesi açısından modelleme ve optimizasyon tekniklerine ve tüm bu ilke, yöntem ve tekniklerin uygulanabilirliği açısından da bilgisayar donanımı, yazılımı, algoritma ve programlama ya da hazır olarak kullanılabilen paket programlarına ihtiyaç duyar ve bunlar da kısaca kemometri biliminin temel alanlarını oluşturur [7]. Kemometrinin temel çalışma alanlarından bazıları deneysel yöntemlerin tasarlanmasını, optimizasyonunu ve analitik verilerden kimyasal bilgilerin maksimum değerinin çıkarımını içermektedir [8]. Kemometrinin ilişkili olduğu alanlar Şekil 1'de verilmiştir



Şekil 1. Kemometrinin ilişkili olduğu alanlar [9]

Günümüzde gıdaya ilişkin konular kemometrinin uygulama alanlarının en önemlilerinden birini oluşturmaktadır [10]. Kemometrik metotlar süt ve süt ürünlerinin üretim parametrelerinin kontrolü ve kalite değerlendirmesinde oldukça kullanışlı yöntemlerdir [11]. Kemometrik hesap yöntemlerini spektrofotometrik, elektrokimyasal ve kromatografik ölçüm cihazlarından elde edilen verilere uygulamak mümkündür [12]. Yapay burun ve dil gibi, gıda kimyası için geliştirilmiş olan yeni araçlardan edinilen bilgilerin istatistiksel olarak yorumlanmasında kemometrik yöntemler oldukça kullanışlı bir araçtır [10].

Gıda kimyasının çerçevesi çok karmaşıktır. Gıdanın kimyasal kompozisyonu kendisini oluşturan hammaddeye, gıdayı hazırlama işlemlerine ve depolama

ya da olgunlaştırma koşullarına ve süresine bağlıdır. Gıda ile ilgili objektif bilgi pek çok kaynaktan elde edilebilir. Bu bilgilerden sadece kimyasal kompozisyon değil aynı zamanda gıdanın tanımlanmasında önemli olan fiziksel bilgiyi de elde etmek mümkündür. Subjektif bilgi, duysal parametreler ve tüketici tercihleri gıdanın kimyasal kompozisyonu ile ilişkilendirilebilmekte ve gıda bileşenlerinin kimyasal kompozisyonu ile moleküler yapısı gıdanın duysal özelliklerini tayin etme ya da hakkında fikir sahibi olma konusunda kullanılabilir. Gıda kompozisyonu, gıdanın tanımlanması, işlenmesi ve kalite kontrolündeki problemlerin çözülmesinde temeldir. Gıda kompozisyonunun karmaşık yapısından dolayı gıda hakkında girilen karmaşık veriyi yorumlayabilmek için

kemometrik analiz yöntemlerinden yararlanılabilmektedir [10].

Kemometrik analizlerin gıda endüstrisinde ve araştırmalarında uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir;

- Örnek hazırlama işlemini en aza indirdiği için proses takibi ve kontrolünü sağlamak, işlenmemiş ürünün kimyasal kompozisyonunun ölçümüne olanak sağlamak, hızlı analiz gerçekleştirmek ve ürün kaybını en aza indirmek,
- Coğrafi orijin belirlemek, aroma ve aromatik bileşenleri, iz elementleri tanımlamak,
- Duyusal değerlendirme,
- Taklit ve tağşiş ürünün belirlenmesinde elde edilen verilerin yorumlanması [13].

DUYUSAL DEĞERLENDİRMELERDE KEMOMETRİK YÖNTEMLERİN KULLANIMI

Aroma algısı oldukça karmaşık bir sistemdir. Gıdalardaki aroma bileşenleri pek çok uçucu bileşenden oluşmaktadır. Bu uçucu bileşenler gıdalardan homojen bir biçimde açığa çıkmamakta fakat; gıdanın yağ, protein, karbonhidrat gibi makro bileşenleri ile etkileşim halinde bulunmaktadır. Aroma bileşenlerinin büyük çoğunluğu insan duyularını uyarmasına rağmen, bazı aroma bileşenleri duysal değerlendirme esnasında doğru bir şekilde tanımlanamamaktadır. Uçucu bileşenlerle duysal tanımlayıcı veriler arasındaki ilişkiyi ortaya koymada çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleri etkin bir şekilde kullanılabilir [14].

Duyusal profil veri analizinde karşılaşılan problemlerden biri değerlendirmedeki farklı panelistlerden gelen kişisel farklılıkların ele alınmasıdır. Farklı kişilerin var olması, kalite değerlendirmesi için kullanılan skalaların veya özelliklerin farklı algılanması, belirli bir dereceye kadar kaçınılmaz bir durumdur. Kullanılan her model duysal

tanımlama yaparken, dolaylı ya da doğrudan kişisel farklılıkları göz ardı etme ihtiyacı duymaktadır [15].

Klasik tanımlama yöntemleri gibi duysal değerlendirme yöntemlerinin pek çok çeşidi duysal bilimciler için en basit kullanılabilir yöntemlerdir. Klasik tanımlama yöntemleri çeşitli pazar sorunlarının çözülmesi için yaratıcı bir şekilde uyarlanabilmektedirler. Kantitatif aroma profili, tanımlayıcı analiz yöntemlerinin gelişimine bir örnektir. Bu teknik kültürel sınırları dikkate almayan, farklılıkları azaltan ve panelin kalibrasyonuna izin veren standart bir aroma dili sağlamaktadır. Bu teknikler ayrıca araştırmalara uygun, doğru duysal konuların seçimi ve performans takibi üzerine yoğunlaşmıştır. Deneysel dizaynın gelişimiyle birlikte duysal testler daha etkili ve sistematik olarak uygulanmaya başlanmıştır. Çok değişkenli analizlerin duysal değerlendirmede kullanımının uygun olması analiz geliştirilmesini ve bunun yanında inceleme, korelasyon ve sınıflandırmada kullanılabilirliğini sağlamaktadır. Kemometri uygulanan duysal analizler ile duysal analitik test sonuçları arasında bağlantı kurmaya çalışmaktadır. Bu sadece ürün geliştirmede değil, aynı zamanda kalite güvenliği ve kontrolü için oldukça önemlidir [16].

Duyusal değerlendirmelerde farklı değişkenler arasında ilişki bulunduğunda genellikle bu ilişkiyi tanımlama ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayan çeşitli istatistiksel metotlar iki gruba ayrılabilir. İlk gruptaki metotlar tüm değişkenlerin bağımsız olduğu veri setlerini (örneğin; tanımlayıcı aroma özelliklerinin bir veri seti gibi) ele almaktadır. İkinci gruptakiler ise bağımlı ve bağımsız değişkenlerin her ikisinin de olduğu veri setlerine (toplam beğeni ve tanımlayıcı özelliklerin değerlendirilmesi gibi) uygulanmaktadır. Her iki gruptaki metotlar birden fazla değişkenle ilgili olduğu için bu metotlar çok değişkenli istatistiksel metotlar olarak sınıflandırılmaktadır [17]. Duyusal değerlendirmelerde kullanılacak çok değişkenli analiz yöntemleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Duyusal değerlendirmelerde kullanılacak çok değişkenli analiz yöntemleri [17]

Çoklu analiz yöntemlerinden en basiti olan korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin önemini ölçmek için kullanılmaktadır. Korelasyon analizi farklı kaynaklardan meydana gelen veriler arasındaki ilişkinin önemini belirlemek için de (tüketici değerlendirmesi ve panelden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, tanımlayıcı özelliklerin değerlendirilmesi, enstrümantal ölçümler vb.) kullanılmaktadır [17].

Üzerinde çalışılan deneme çok sayıda değişken içerdiğinde, burada çok değişkenli analiz yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır ve buna bağlı olarak bir matris kurulumu ve ön işlem gerekmektedir. Ön işleme, farklı birimler ile farklı değişkenleri ayarlayan bir prosedür olarak tanımlanmaktadır. Sonraki aşama elde edilen verilerden herhangi bir benzerlik bulmayı hedefleyen örüntü tanıma işlemidir. Bu işlem "Temel Bileşen Analizi" ve "Hiyerarşik Kümeleme Analizi" ile birlikte uygulanmaktadır [6].

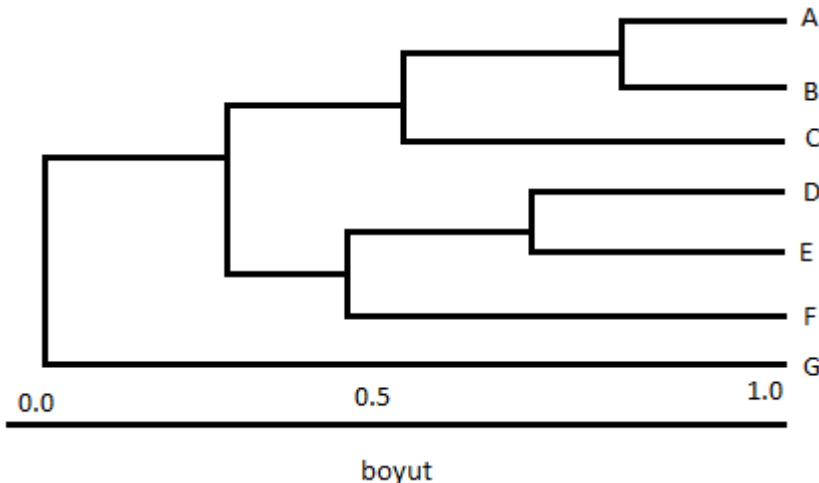
Kümeleme ve sınıflandırma amaçlı metotların tamamı çok değişkenli bir veri analiz yöntemi olan temel bileşen analizine dayalıdır. Temel bileşen analizi; verideki orijinal değişkenleri, onların doğrusal kombinasyonlarından oluşan daha az sayıda bileşenlere indirgemekte ve böylece değişkenler arası korelasyon ortadan kalkmaktadır. Temel bileşen analizine dayalı yöntemler, verideki toplam varyasyonu birkaç temel bileşene ayırarak ifade etmekte ve söz konusu örnekleri çeşitli gruplara kümeleyerek sınıflandırabilmektedir [18,19]. Temel bileşen analizi, bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi basitleştirebilen ve bunun yanı sıra örnekler arasındaki ilişkiyi de tanımlayabilen çok değişkenli bir analiz metodudur [20].

Duyusal değerlendirmelerde incelenen özelliklerin bazılarının arasında ilişki bulunabilmektedir. Temel bileşen analizi, bu ilişkileri bularak, ilişki içindeki özellik grubu için yeni bir değişken belirlemektedir. Analiz, bir önceki faktörün neden olduğu varyans uzaklaştırıldığında her basamaktan kalan varyansa göre ikinci ve üçüncü özellik gruplarını bulmaya çalışmakta ve her biri için bir değişken türetmektedir [20]. Farklı bağımlı değişkenler birbirleriyle etkileştiğinde (duyusal tanımlayıcı verilerde genellikle oluşan bir durumdur)

temel bileşenler analizinden oldukça olumlu sonuçlar alınmaktadır [21]. Varyans analizi sonuçlarında genellikle, örnekler arasındaki duyusal tanımlayıcının önemli derecede farklı olduğu bulunmakta ve o ürünlerdeki aynı özelliği farklı tanımlayıcılar tanımlayabilmektedir. Örneğin, panelistler duyusal tanımlayıcı analizlerde, ürünün hem aroma hem de lezzet özelliklerini değerlendirirler. Fakat lezzet ve aroma tanımlayıcılarının bir arada bulunması gereksizdir ve aynı özelliği tanımlamaları da olasıdır. Temel bileşen analizi tekniğinde bu gereğinden fazlalıklar elenerek, veri temel bileşenler olarak adlandırılan yeni bir bileşenler kümesine dönüştürülmektedir. Bu analiz, özelliklerin birbirleriyle ilişkilerinin belirlenip yorumlanması ve örneklerin beraber değerlendirilmesi yönünden oldukça yararlı olmaktadır [20].

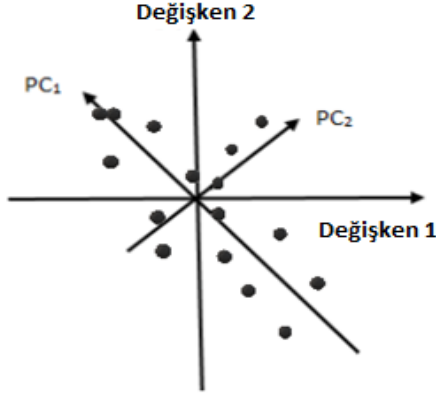
Temel bileşen analizi; incelenen birçok özellik bakımından X değişken kümesinin varyans yapısını, p adet orijinal değişken yerine, k adet değişken ($k < p$) ve bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan yeni değişkenler ile ifade etmek amacı ile kullanılmaktadır [22]. Bir yoğurt örneğinden elde edilen duyusal değerlendirme sonuçlarına ait toplam varyasyonun açıklanmasında değişkenlerin tamamının irdelenmesi yerine daha az sayıda değişken ile açıklanması bu analiz yöntemine bir örnek olarak gösterilebilmektedir.

Kümeleme analizi; X veri matrisinde yer alan ve doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen birimleri, değişkenleri ya da her ikisini birden, aralarındaki benzerlik ya da farklılık ölçütlerinden yararlanarak homojen gruplara bölmek amacı ile kullanılmaktadır [22,23]. Bir bölgeden deneysel olarak toplanan peynir örneklerinin o bölgede bulunma miktarlarının alt gruplara ayrılması kümeleme analizine örnek olarak verilebilir. Farklı grupların birleştirilmesi ürünün kabul edilebilirliğinin yanlış yorumlanmasına sebep olabilmektedir. Çünkü kümelerin yanlış tanımlanması istatistiksel olarak çoklu veri setinin ortalamasının hesaplanmasına neden olmaktadır. Böyle bir merkezi gözlem değeri gerçek katılımcı grubunu temsil edemeyebilir ve bu durum tam beğeni ölçümünü yanlış etkileyebilmektedir [17].



Şekil 3. Hiyerarşik kümeleme analizinde dendrogram örneği [24]

Şekil 3'te yer alan dendogramda her bir harf bir örneği temsil etmektedir. Örnek vermek gerekirse A örneği ile B örneği birbirine mesafe olarak en yakın örneklerdir. Dolayısıyla bu iki örnek birbirine özellik bakımından en çok benzeyen örneklerdir. Benzer şekilde D ve E örnekleri de birbirine incelenen özellik bakımından en benzer örneklerdir. Bu örnek dendogramda A-B, D-E, C,F ve G olmak üzere 5 adet küme oluşturulmuştur.



Şekil 4. Temel bileşen analizinde yapılan kümeleme gösterimi örneği [24]

Şekil 4'te gösterilen düzlemde, her bir dizi grafikte bir nokta olarak ifade edilmektedir. Temel bileşen analizi değişkenleri açıklarken iki temel bileşen kullanılmaktadır. Burada ilk temel bileşen grafikte ana noktaları ve varyansın maksimum değerini tanımlarken, ikinci temel bileşen varyansın geri kalan kısmını tanımlamaktadır. Hangi değişkenin daha önemli olduğunu tanımlamak için "yükleme", örnekler arasındaki ilişki araştırılmak istendiğinde ise "skor" grafiği kullanılmaktadır [24].

Regresyon analizi, iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılmaktadır. Bu yöntem, bir değişken kullanılarak analiz yapıldığında tek değişkenli regresyon, birden fazla değişken kullanılarak analiz yapıldığında ise çok değişkenli regresyon analizi olarak adlandırılmaktadır. Regresyon analizi kullanılarak değişkenler arasında ilişki olup olmadığı, eğer ilişki bulunursa bunun gücü hakkında bilgi edinilebilir [17].

Diskriminant analizi bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri etkilemelerine göre ya aynı ya da farklı gruplara göre sınıflandırılmasını sağlar. Bir veri setindeki verinin hangi değişken grubuna girdiğini belirlemekte ve değişkenleri kendi özelliklerine göre birbirinden ayırmaktadır. Dolayısıyla yapılan araştırma sonucunda sistemli bilgileri ortaya koyabilmek mümkün olmaktadır. Özellikle tüketici tercihlerinin belirlenmesi ve tüketici hareketlerinin anlaşılmasını sağlaması sebebiyle, yaygın olarak kullanılan bir analiz çeşididir [17].

Bahsi geçen çok değişkenli analiz yöntemlerinin dışında Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi (Multidimensional Scaling, MDS) adı verilen ve kişisel tercihler, tutum, eğilim ve beklentiler gibi davranışsal verilerin analizi için geliştirilmiş çok değişkenli bir istatistiksel analiz yöntemi bulunmaktadır. Çok boyutlu ölçekleme işlemi, en basit

tanımıyla, ürünler arasındaki algılanan farkları girdi olarak alıp, bu fark bilgisini çeşitli boyutlarda (ürün sayısından küçük olacak şekilde) haritalama işlemidir [25]. Bu yöntem, tüketicilerin çeşitli markaları ya da ürünleri nasıl gördüklerini iki-boyutlu düzleme yansıtmak için kullanılmaktadır.

SÜT ve SÜT ÜRÜNLERİNİN DUYUSAL DEĞERLENDİRLİMESİNDE KEMOMETRİK YÖNTEMLERİN KULLANILMASINA İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yoğurta aroma algısının duyu olarak araştırılmasına yönelik yapılan bir çalışmada [26], bir starter kültür firmasından farklı özelliklere sahip bakteri suşları içeren yoğurt starter kültürleri ile 14 adet yoğurt üretilmiş ve kullanılan starter kültürlerin yoğurtların aromasına ve uçucu bileşenlerine olan etkisi incelenmiştir. Çalışmada üretilen yoğurtlarda duyu değerlendirmesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar temel bileşen analizi yöntemiyle yorumlanmıştır.

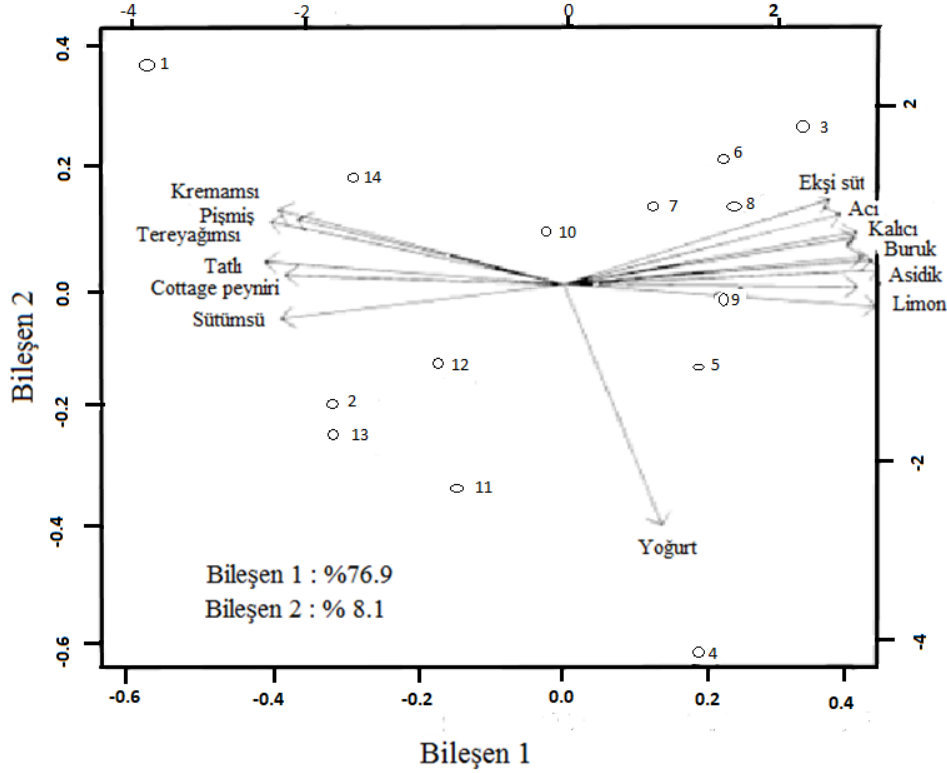
Şekil 5'te verilen analiz sonuçlarını gösteren grafiğe göre ilk temel bileşen varyasyonun %77'sini ve ikinci temel bileşen varyasyonun %8.1'ini açıklamaktadır. Sağ tarafta görülen örnekler, acı, asidik ve buruk özellikleri tanımlamakta ve tadım sonrası ağızda acı, buruk, ekşi ve limon tadı bırakmışlardır. Sol tarafta toplanmış olan örnekler ise tatlı, kremamsı, tereyağlımsı, pişmiş ve Cottage peyniri aromalarını yüksek oranda içeren örnekler olarak puanlanmış ve tadım sonrası ağızda süt tadı bıraktığı şeklinde belirtilmişlerdir. Elde edilen duyu verilerinin hepsinin bir arada görülebilmesi için önemli farklılık özelliklerinin temel bileşen analizi oluşturulmuştur. Örnekler arasında sadece biri (4 numaralı örnek) yüksek yoğurt aroması içermesiyle dikkat çekmektedir.

Limon aromalı süt tatlılarının yağ içeriği ile ilave edilen kıvam arttırıcı tipi ve miktarının tatlıların renk, reoloji, *in vivo* aroma çıkışı ve duyu karakteristiklerini nasıl etkilediğinin belirlenmesinin amaçlandığı bir çalışmada [27], 8 adet farklı içeriğe sahip tatlı üretilmiş ve üretilen bu tatlılarda renk analizi, reolojik ölçümler, *in vivo* aroma çıkışı ve duyu analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar temel bileşen analizinde yorumlanmıştır. Tatlılar karboksimetil selüloz ve nişastanın farklı oranları, tam yağlı süt ve yağsız süt ile üretilmiştir.

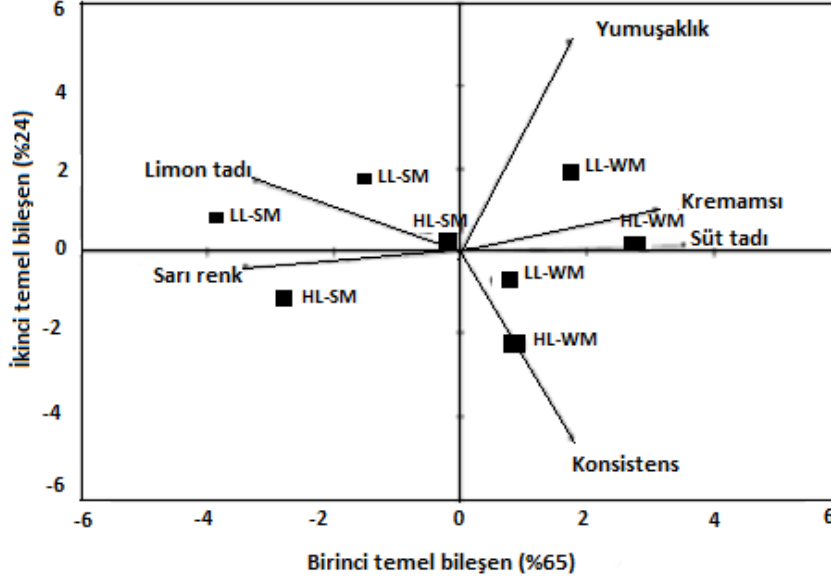
Şekil 6'da görüldüğü gibi temel bileşen analizi grafiğinde birinci temel bileşen varyansın %65'ini, ikinci temel bileşen ise varyansın %24'ünü ifade ettiği görülmektedir. Birinci temel bileşen renk aroma ve kremamsı özellikler ile ilişkili olup yağ içeriği farklı olan örneklerden net bir şekilde ayrılmıştır. Tam yağlı örnekler birinci bileşenin yoğun süt aroması ve kremamsı özellikleri gösteren pozitif tarafında toplanırken, yağsız örnekler limon aroması ve limon renginin yoğun algılandığı kısım olan negatif kısımda toplanmıştır. İkinci temel bileşen ise tekstürel özellikleri ile pozitif bir korelasyon içerisindedir. Bu bileşen örnekleri içerdiği kıvam arttırıcı tipine göre ayırmıştır. Karboksimetil selüloz içeren örnekler ikinci temel bileşenin en iyi konsistens özelliği gösteren kısım olan sağ altta toplanmıştır (%1.3 oranında karboksimetil

selüloz içeren yağsız süttten elde edilen örnek hariç). Nişasta ilave edilmiş olan örnekler bileşenin en iyi

yumuşaklık özelliği gösteren kısmı olan sağ üst bölgede toplanmıştır.



Şekil 5. Yoğurt örneklerinin duyusal özelliklerinin temel bileşen analizi sonuçları [26]



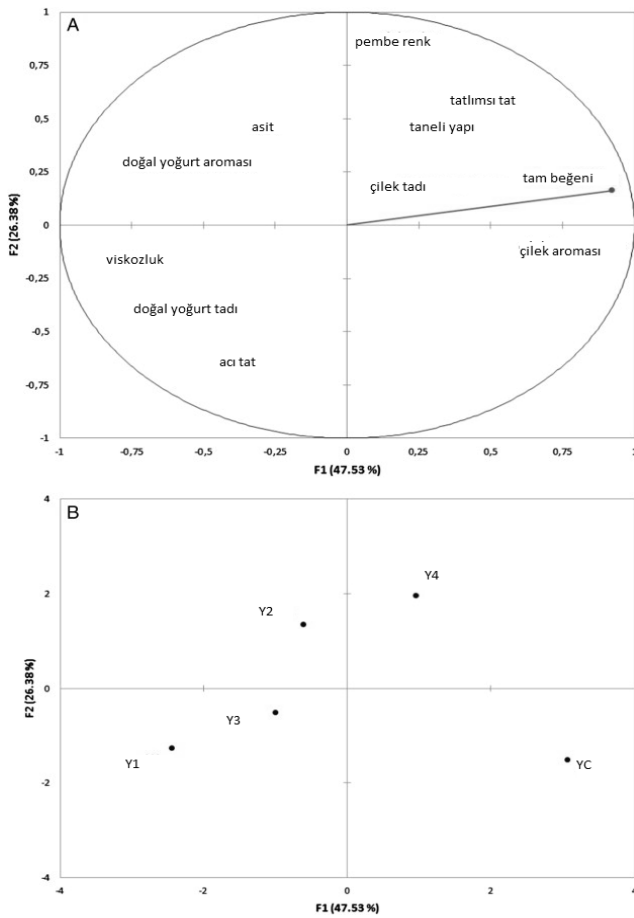
Şekil 6. Örneklerin duyusal değerlendirme sonuçlarına ait temel bileşen analizi. WM; yağlı süt, SM; yağsız süt, LL; düşük miktar, HL; yüksek miktar. (daireler karboksimetil selülozu, kareler nişasta ile üretilen örnekleri ifade etmektedir) [27]

Bitkisel yağ emülsifiyeri ve meyve kabuğu tozu ilavesinin fonksiyonel yoğurdun duyusal kabul edilebilirliğine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, 5 farklı içeriğe sahip yoğurt üretilmiştir. Örneklerden Y1; bitkisel yağ emülsifiyeri ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 42°C'de fermente edileni, Y2; süt yağı ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 42°C'de fermente edileni, Y3; bitkisel yağ

emülsifiyeri ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 37°C'de fermente edileni, Y4; süt yağı ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 37°C'de fermente edileni ve YC (kontrol örneği); süt yağı ilaveli ve 42°C'de fermente edileni ifade etmektedir. Kontrol örneği haricinde örneklerin hepsinde *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Bifidobacterium lactis* türlerinin

karışımından oluşan starter kültür kullanılmıştır. Örneklere sertlik, duyuşal değerlendirme ve genel kabul edilebilirlik testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar temel bileşen analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi ile yorumlanmıştır [28].

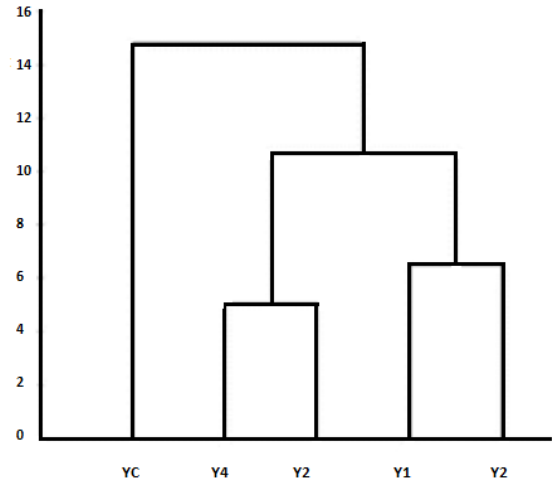
Şekil 7’ de görülen temel bileşen analiz grafiğine bakıldığında, birinci temel bileşen varyansın %47.53’ünü, ikinci temel bileşen ise %26.38’ini ifade etmektedir. Tam beğeni puanı çilek aroması, çilek tadı, taneli yapı ve tatlılık özellikleri gibi tüketicinin kararını direkt olarak etkileyen özellikler ile pozitif korelasyon içerisindedir. Y4 ve YC örnekleri tüketicilerden en çok beğeniyi alan örneklerdir. Ayrıca temel bileşen 1 yoğurtta duyuşal belirleyici özellikler olan viskozluk, doğal yoğurt tadı, acı tat, doğal yoğurt aroması ve asitlik ile negatif bir korelasyon içerisindedir.



Şekil 7. Örneklerin temel bileşen analiz sonuçları. A- örnekleri tanımlamak için kullanılan terimler, B- yoğurt örneklerinin dağılımı [28]

Şekil 8’de verilen hiyerarşik kümeleme analizine göre yoğurt örnekleri 3 kategoride toplanmıştır. 1 grup kontrol örneği olup, YC olarak adlandırılmıştır. 2. grup Y4 (süt yağı ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 37°C’ de fermente edilen) ve Y2 (süt yağı ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 42°C’de fermente edilen), 3. grup Y1 (bitkisel yağ emülsifiyeri ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 42°C’de fermente edilen) ve Y3 (bitkisel yağ emülsifiyeri ve meyve kabuğu tozu ilaveli olup 37°C’de fermente edilen) örneklerini içermektedir. Sonuçlar bitkisel yağ

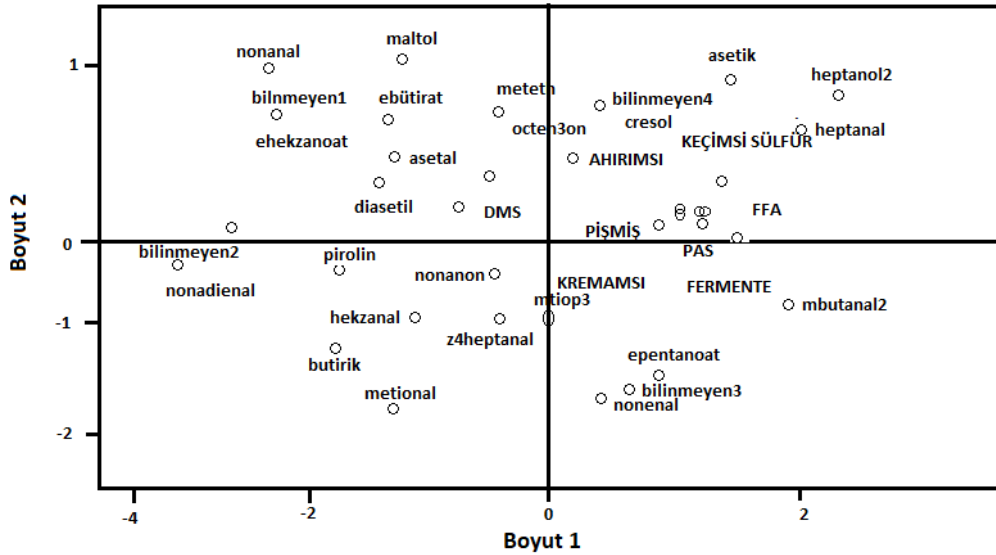
emülsifiyeri ilavesinin yoğurt üretiminde esas parametrelerin kullanımını etkilemediğini göstermektedir.



Şekil 8. Örneklerin hiyerarşik kümeleme analizi dendrogramı [28]

Ezine peynirinin aroma profili karakterizasyonu ile ilgili yapılan bir çalışmada [29], bir yıllık depolama sonucu Ezine peynirinin aroma-aktif bileşenlerinde ve duyuşal özelliklerinde meydana gelen değişim belirlenmiş, enstrümental ve duyuşal analizler sonucu elde edilen bulgular arasındaki ilişki gösterilmiştir. Peynir örneklerindeki aroma-aktif bileşenler Termal Desorpsiyon Gaz Kromatografisi Olfaktometri sistemi (TD-GCO) kullanılarak saptanmıştır. Enstrümental ve duyuşal yöntemlerle elde edilen 2 veri grubunun geometrik dağılımını göstermek ve söz konusu özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla Çok Boyutlu Ölçeklendirme tekniğinden (MDS) yararlanılmıştır (Şekil 9). Olfaktometrik yöntemle elde edilen aroma maddeleri ile duyuşal panel üyeleri tarafından belirlenen terimlerin geometrik olarak birbirine yakın olmaları aralarında ilişki olduğunu göstermiştir.

Şekil 9’da verilen GCO analizi sonucu belirlenen ve ahırmsı aromaya sahip p-cresol ile duyuşal analizler sonucu belirlenen keçimsi ve hayvansı terimlerinin aynı bölgede yer aldıkları ve konum olarak birbirlerine yakın oldukları görülmektedir. Bu durum söz konusu özellikler arasında önemli düzeyde bir benzerlik ya da ilişkinin olabileceğinin bir göstergesidir. Duyuşal analiz sonuçlarına göre bu peynirin karakteristik aromaları içinde ‘inek kokusu/fenolik’de tarif edilmiştir. Bu aromaya neden olan kimyasal bileşenleri belirlemek amacıyla sırasıyla GCO ve GC/MS analizleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ‘inek kokusu/fenolik’ aromaya p-cresol’ ün neden olduğu bulunmuştur. Aynı bölgede yer almamakla birlikte sülfür bileşiklerinden metanetiylol ve dimetil sülfid ile duyuşal terimlerden pişmiş ve sülfür terimleri yakın geometrik dağılım göstermiştir. Sülfür bileşikleri olan metanetiylol ve dimetil sülfid grafiğin sol üst kısmında yer almıştır. Aynı bölgede yer alan maltol, etilbütirat, etil hekzanoat, asetaldehit ve diasetil de aroma yoğunlukları bakımından benzerlik göstermektedir. Grafiğin sol alt kısmında ise 2-nonanon, hekzanal, 3-metiltiliopen, Z-4 heptanal değerleri arasında da benzerlik olduğu belirlenmiştir.



Şekil 9. Depolamanın 9. ve 12. ayındaki Ezine peynirlerinde olfaktometrik ve duyuşsal yöntemlerle belirlenen aromatiklerin geometrik dağılımı [29]

SONUÇ

Süt ve ürünlerinin duyuşsal değerlendirilmesinde kullanılan analizlerden elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesi amacıyla kullanılan klasik yöntemler her değişkene göre önemli bilgiler vermekle birlikte bu analizler farklı değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamakta yeterli olmamakta ve benzer özellik gösteren örneklerin gruplandırılmasına olanak vermemektedir. Dolayısıyla bazı bulguları değerlendirirken eğilimi mümkün olduğu kadar az sayıda ölçütle değerlendirmek daha faydalı olmaktadır. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler her bir özellik bakımından ayrıntılı sonuçlar vermemektedir fakat değişkenler arası bağımlılık yapısını yok ederek boyut indirgediğinden, süt ürünlerinin duyuşsal özelliklerinin subjektif değerlendirilmesinde faydalı olabilecek bir istatistiksel yöntem olarak kullanılabilir. Ancak temel bileşenler analizinde veri sayısı sınırlayıcı bir faktör olabilmektedir. Diğer istatistiksel yöntemlerle bilgi sağlanamadığında, temel bileşenler analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi gibi çok değişkenli analizler genel bir yargı elde etmek amacıyla kullanılacak etkili yöntemlerdir.

KAYNAKLAR

- [1] Onoğur Altuğ, T., Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sidas Medya, İzmir.
- [2] Hibbert, D.B. (2009). Chemometric Analysis of Sensory Data, In: Comprehensive Chemometrics. Edited by, Brown, S. D, Tauler, R., Walczak, B., Elsevier B.V.,U.K. 634 p.
- [3] Sangün, L. (2007). Temel Bileşenler Analizi, Ayırma Analizi, Kümeleme Analizleri ve Ekolojik Verilere Uygulanması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Adana.
- [4] Çankaya, S. (2005). Kanonik Korelasyon Analizi Ve Hayvancılıkta Kullanımı. Doktora

Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootehni Anabilim Dalı, Adana.

- [5] Dinç, E. (2007). Kemometri çok değişkenli kalibrasyon yöntemleri. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 27(1),61-92.
- [6] Santos, H. T. L, Oliveira, A.M., Melo, P.G., Freitas, W., Freitas, A.P. (2012). Chemometrics: Theory and Application, In: Multivariate Analysis in Management, Engineering and the Science, Edited by, Freitas L, InTech Press, UK, 264 p.
- [7] Akpolat, O., Odabaş Çağlar, S., Özevci, G., İpteş, N. (2013). Kümeleme Tekniklerinin Temel Bilimlerde Kullanımı. Akademik Bilişim Konferansı, Türkiye, Bildiri Kitabı, s 551-555, Antalya.
- [8] Gemperline, P. (2006). Practical Guide to Chemometrics. CRC Press, New York.521 p.
- [9] Brereton, R.G. (2003). Chemometrics Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant, John Wiley & Sons Ltd UK, 479p.
- [10] Forina, M., Casale, M., Oliveri, P. (2009). Application of Chemometrics to Food Chemistry, In: Comprehensive Chemometrics. Edited by, Brown, S.D., Tauler, R., Walczak, B., Elsevier B.V.,U.K. 634 p.
- [11] Souza, S.S., Cruz ,A.G., Walter ,E.H.M, Faria ,J.A.F., Celeghini, R.M.S., Ferreira, M.M.C., Granato, D., S. Sant'Ana, A. (2011). Monitoring the authenticity of Brazilian UHT milk: A chemometric approach. *Food Chemistry*, 124, 692-695
- [12] Aydoğdu, S. (2007). Gıdalar İçindeki Maltol, Etil Maltol, Vanilin Ve Etil Vanilinin Yapay Sınır Ağları Yöntemi İle Kalibrasyonu Ve Simultane Spektrofotometrik Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Isparta.
- [13] Arvanitoyannis, S.I., Tzouros, N.E. (2007). Implementation of quality control methods in conjunction with chemometrics toward

- authentication of dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45 (4), 231-249.
- [14] Chung, S., Heymann, H., Grőn, I.U. (2002). Application of GPA and PLSR in correlating sensory and chemical data sets. *Food Quality and Preference*, 14, 485-495.
- [15] Bro, R., Qannari, M.E., Kiers, H.A.L., Næs, T., Frøst, M.B. (2007). Multi-way models for sensory profiling data. *Journal of Chemometrics*, 22(1), 36-45.
- [16] Koeferli, C.S., Schwegler, P.P., Hong- Chen, D. (1998). Application of classical and novel sensory techniques in product optimization. *LWT - Food Science and Technology*, 31(5), 407-417.
- [17] Meilgaard, M., Civile, G.V., Carr, B.T. (1991). Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, USA, 348 p.
- [18] Destefanis, G., Barge, M.T., Brugiapaglia, A., Tassone S. (2000). The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. *Meat Science*, 56, 255- 259.
- [19] Dıraman, H. , Őzdemir, D., Gőndőz, H.H., Demirci, M. (2009). Trakya bōlgesinde ũretilen eřitli sőt ũrőnlerinin nitrat ve nitrit dőzeylerine gōre kemometrik yōntemlerle sınıflandırılması. *Gıda*, 34(6), 387-394.
- [20] Lawless, H.T., Heymann, H. (1998). Sensory Evaluation of Food, Principles and Practices, Springer New York, 596 p.
- [21] Işıık, ũ. (2006). Vanilyalı Yoğurt Dondurmaya İnőlin ve İzomalt İlaveseinin Reolojik ve Duyusal Özelliklere Etkisi. Yőksek Lisans Tezi. İstanbול ũniversitesi, Fen Bilimleri Enstitőső, Gıda Mőhendisliđi Anabilim Dalı, İstanbול.
- [22] Őzdamar, K. (2004). Paket Programlar ile İstatiksel Veri Analizi (ok Değişkenli Analizler). Kaan Kitabevi, EskiŐehir, 502 s.
- [23] Tatlıdil, H. (1996). Uygulamalı ok Değişkenli İstatiksel Analiz, Akademi-Mat Yayınları, Ankara.
- [24] Santos, H.T.L, Oliveira, A.M., Melo, P.G., Freitas, W., Freitas, A.P. (2012). Chemometrics: Theory and Application, In: Multivariate Analysis in Management, Engineering and the Sciences, Edited by, Freitas L, InTech Press, UK, 264 p.
- [25] Akkőők, U. (2009). Bir ok boyutlu Őlekleme tekniği olarak torgersen Őlekleme yōntemi ve temel bileşenler analizi ile karŐılaŐtırması. *Dumlupınar ũniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 311-322.
- [26] Ott, A., Hugi, A., Baumgartner M., Chaintreau A. (2000). Sensory investigation of yoğurt flavor perception: mutual influence of volatiles and acidity. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 48(2), 441-450.
- [27] Arancibia, C., Castro, C., Jublot, L., Costell, E., Bayarri, S. (2015). Colour, rheology, flavour release and sensory perception of dairy desserts. Influence of thickener and fat content. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 408-416.
- [28] Perina, N.P., Granatob, D., Hirota, C., Cruz, A.G., Bogdan, C.S.B., Oliveira, M.N. (2015). Effect of vegetal-oil emulsion and passion fruit peel-powder on sensory acceptance of functional yoğurt. *Food Research International*, 70, 134-141.
- [29] Yőceer Karagől Y., İŐleten, M., MendeŐ, M. (2008). Ezine peyniri I. Aroma karakterizasyonu. *Gıda*, 34(6), 373-380.