

ÜÇ BOYUTLU RENK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

TRISTIMULUS COLORIMETRY

Ali ÜREN

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZET: Tüketici tercihi açısından gıdaların rengi önemlidir. Gıdaların rengi bir panel düzenlenerek subjektif olarak ölçülebileceği gibi, renk ölçer cihazlar ile objektif olarak da ölçülebilir. Renk ölçer cihazlarla bir gıdanın rengini tanımlamak için üç büyüklük kullanılmaktadır. Üç boyutlu renk ölçüm sistemlerinin ilki CIE sistemidir. CIE sisteminde, bir gıdanın rengi, XYZ, Yxy, L*a*b* veya L*C*H^o parametreleri ile ifade edilir. CIE sistemi gıdaların renginin objektif ölçümünde temel sistemdir. Ayrıca Munsell, Hunter gibi daha başka üç boyutlu objektif sistemler de kullanılmaktadır. Üç boyutlu objektif renk ölçüm sistemlerinden başka gıdanın yüzeyinden yansıyan ışığın ölçümüne dayanan veya gıdanın içerdiği pigmentlerin miktarlarının ölçülmesine dayanan objektif yöntemler de bulunmaktadır. Objektif renk parametreleri tek başlarına bir anlam ifade etmezler. Objektif parametrelerin panel sonuçlarıyla korelasyonu hesaplanmalıdır.

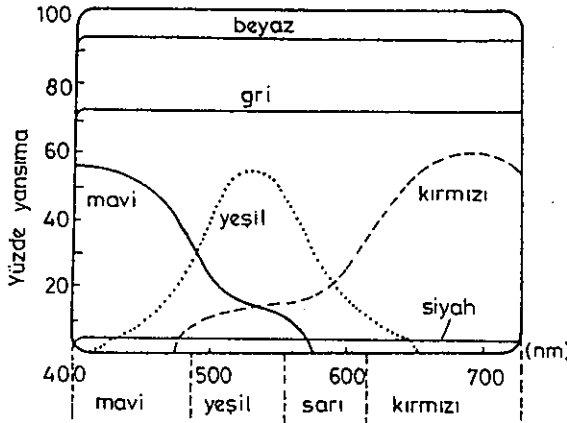
ABSTRACT: The colour of foods is of importance from the consumer point of view. Although the colour of foods may be determined subjectively by means of a panel, it may be measured objectively using a chroma meter. Three parameters are measured to determine the colour of foods by chroma meters. The first of the tristimulus colorimetric systems is CIE system. The colour of any food is expressed by XYZ, Yxy, L*a*b* or L*C*H^o parameters in the CIE system. CIE system is the basic system in measuring the colour of foods objectively. In addition to this system, other tristimulus and objective systems such as Munsell and Hunter are used. Apart from tristimulus objective methods, there are other objective methods measuring the amount of the light reflected from the surface of food or measuring the amount of pigments of food. Objective colour parameters are not meaningful by themselves. The correlation of objective parameters with panel results should be calculated.

GİRİŞ

Renk

Tungsten lambanın verdiği ışıkta veya güneşin yayınladığı ışıkta görünür bölgeye ait tüm dalga boyları mevcuttur. Görünür bölgeyi tümüyle içeren böyle bir radyasyon bir madde üzerine gönderildiğinde değişik olasılıklar söz konusudur. Görünür bölgenin dalga boyları madde tarafından tamamen absorplanırsa madde siyah görünür. Bu dalga boyları hiç absorplanmazsa madde beyazdır. 380-770 nm arasındaki tüm görünür bölge fotonları aynı derecede ve kısmen absorplanırsa madde gri görünür. Görünür bölge radyasyonlarının bazı dalga boyları az, bazıları fazla absorplanırsa madde renklidir. Şekil 1'de görüleceği gibi 650-700 nm civarındaki dalga boylarını az absorplayıp görünür bölgenin diğer dalga boylarını daha fazla absorplayan bir madde kırmızı renklidir. Bu madde 650-700 nm civarındaki ışınları kısmen absorplar, büyük bir kısmını ise yansıtır. 400-450 nm civarını ise tamamen absorplar. 530-540 nm aralığındaki ışınları az absorplayıp diğer bölgeleri çok absorplayan maddeler yeşil maddelerdir. Mavi renkli maddeler 400-500 nm civarını diğer bölgelere göre daha az absorplarlar. Maddeler hangi rengi daha az absorplarsa o renkte görünürler (KRAMER ve TWIGG, 1984).

Gıda maddelerinin rengi tüketici tercihi açısından önemlidir. Bu nedenle gıda maddelerinin renklerinin hassas olarak ölçülmesi gerekir. Renk ölçümü konusunda gözle yapılan subjektif bir değerlendirme bazen yanıltıcı olabilmektedir. Bu nedenle çeşitli cihazlarla yapılan objektif ölçümlere gerek duyulur.



Şekil 1. Değişik renkteki maddelerin görünür bölgedeki % yansımaları eğrileri

Maddelerin renkleri aydınlatıcıya göre değişmektedir. Hiçbir aydınlatıcının olmadığı bir ortamda maddeler siyah görünür. Bir maddenin, bir mağazanın vitrinindeki rengi günışığı altındaki renginden farklı olabilir. Objektif yöntemlerle maddelerin renkleri ölçülürken maddenin hangi radyasyon kaynağı ile aydınlatıldığı önemlidir. Renk ölçüm cihazlarında değişik tipte aydınlatıcılar kullanılmaktadır (A, B, C ve D₆₅ aydınlatıcıları gibi). D₆₅ ve C aydınlatıcıları gıdaların renginin ölçümünde daha çok kullanılır. Bu aydınlatıcıların hepsi de görünür bölgede spektrum yayınlarlar, fakat bir aydınlatıcının yayınladığı bağıl enerji-dalga boyu eğrisi diğerlerinden farklıdır.

Bir gıda maddesinin renginin renk ölçer cihazla ölçülmesi sonucu ele geçen değerler tek başına fazla bir anlam taşımazlar. Objektif yöntemlerle bulunan bu sonuçların panel sonuçları ile korelasyonunun olup olmadığı araştırılmalıdır (KRAMER ve TWIGG, 1984). Bu saptandıktan sonra sadece, panel sonuçlarıyla korelasyon gösteren objektif parametreler üzerinde durulur.

Parlaklık

Parlaklık açısından maddeleri ikiye ayırmak olasıdır;

- Parlak olanlar,
- Mat veya donuk olanlar.

Mat olan maddeler kendi üzerlerine gelen ışığın absorplanmayan kısmını her yöne doğru yansıtırlar. Parlak maddeler ise homojen bir yansıtma göstermezler, belirli açıda daha fazla ışık yansıtırlar. Tüketici tercihi açısından parlaklık önemli bir kavramdır, örneğin parlak elmalar mat olanlara göre daha çok tercih edilirler. Parlaklık ölçümü için kullanılan cihazlar, renk ölçüm cihazlarından farklıdır. Parlak cisimlerin renkleri ölçülürken parlaklık nedeniyle bir hataya düşmemek gerekir. Parlak cisimlerin rengini ölçen cihazlar belirli açıdaki yansımaların dedektör üzerine gitmesini engelleyecek şekilde dizayn edilmişlerdir.

CIE RENK SİSTEMLERİ

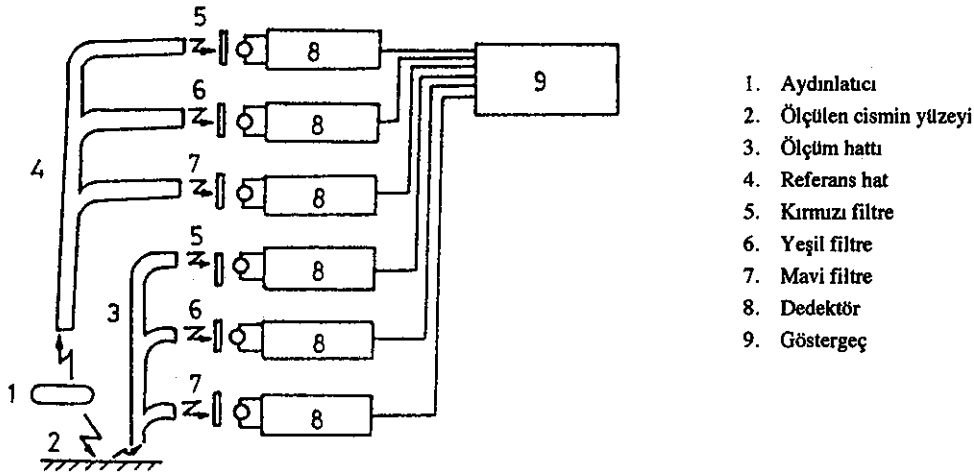
Şekil 1'de görüldüğü gibi, bir maddenin dalga boyu % yansımaları eğrisi bilirse bu maddenin rengi hakkında yeterli bilgi sağlanmış olur. Fakat bu eğrileri kullanarak gıdaların renkleri hakkında karar vermek ve değişik gıdaların renklerini bu eğrileri kullanarak kıyaslamak pratik bir yöntem değildir.

Gıdaların renklerinin pratik bir şekilde ölçümü için değişik yöntemler ve bu yöntemlerle ilgili bazı cihazlar geliştirilmiştir. Bu konuda standart yöntem CIE (Commission International de L'Eclairage, İngilizce olarak, ICI International Commission of Illumination) tarafından 1931 yılında ortaya konan yöntemdir. Bu yöntem daha sonraki yıllarda geliştirilmiştir (HUNT, 1987; HUNTER ve HAROLD, 1987; ANONYMOUS, 1991).

Şekil 1'de kırmızı renkli maddenin 690 nm civarındaki ışınları %60 oranında yansıtıldığı görülmektedir. 690 nm civarını %80 oranında yansıtan, diğer dalga boylarını ise absorplayan bir başka madde de kırmızı renklidir. Fakat bu maddenin renginin daha şiddetli olduğu, yani kromasının daha büyük olduğu söylenir. Beyaz maddenin gri maddeye göre, görünür bölgenin tamamında daha fazla radyasyon yansıttığı görülür ve beyaz maddenin aydınlık değerinin gri maddeye göre daha büyük olduğu ifade edilir. Aynı şekilde gri madde siyah maddeye göre daha aydınlıktır.

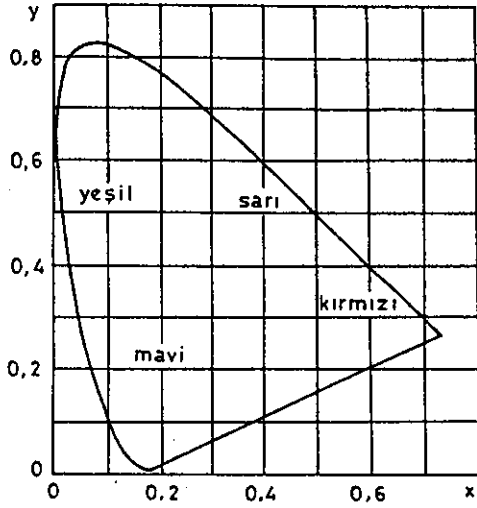
CIE sistemine göre çalışan renk ölçerlerde radyasyon kaynağı ksenon ark lambadır. Bu lambaya gerekli yardımcı parçalar ilavesiyle istenen aydınlatıcı (C aydınlatıcısı, D₆₅ aydınlatıcısı gibi) elde edilmiş olur. Bu aydınlatıcı ile rengi ölçülecek cisim aydınlatılır ve cisimden yansıyan ışınlar dedektör üzerine gitmeden önce ayrı ayrı 3 filtreden geçerler (Şekil 2). Bu filtreler kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerdir ve X,Y ve Z filtreleri olarak adlandırılırlar. Bu filtrelerden geçip dedektöre ulaşan enerji miktarları X,Y,Z parametreleriyle gösterilirler. Söz konusu gıdanın rengi ölçülmeden önce beyaz renkli referans bir plaka cihaza yerleştirilir ve X₀, Y₀ ve Z₀ büyüklükleri için ayar işlemleri yapılır. X₀, Y₀ ve Z₀ büyüklükleri bazı cihazlarda 100, bazılarında 100 civarında başka rakamlardır. Referans plaka ile ayarlama yapıldıktan sonra gıdanın rengi 3 büyüklük kullanılarak ölçülür (X, Y ve Z parametreleri). X Y Z değerlerine tristimulus değerleri de denir. Tristimulus değerlerinden faydalanarak x,y,z değerleri hesaplanabilir.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$



Şekil 2. CIE sistemine göre çalışan bir renk ölçer şeması

Bir maddenin rengini objektif olarak ölçmek için Y, x, y parametreleri de kullanılabilir. Y maddenin aydınlık derecesini gösterir, 0 ile 100 arasında bir değerdir. Aydınlık maddelerde Y artar. x ve y ise maddenin rengi hakkında bir fikir verir. x ve y değeri bilinen bir maddenin rengi CIE renk tablosundan bulunabilir (Şekil 3). Y, x ve y büyüklükleri bilindiğinde maddenin rengi hakkında yeterli bilgi sağlanmış olur. CIE sistemine göre çalışan cihazlarda, ölçüm devresinde kullanılan 3 adet filtreye ilaveten (X,Y,Z filtreleri), 3 ayrı filtre de referans hatında bulunmaktadır (Şekil 2).

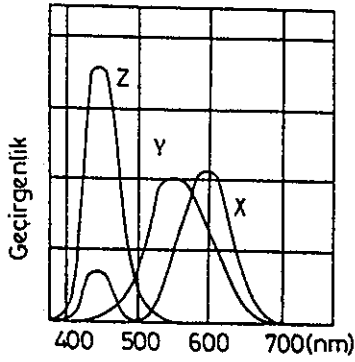


Şekil 3. CIE renk tablosu

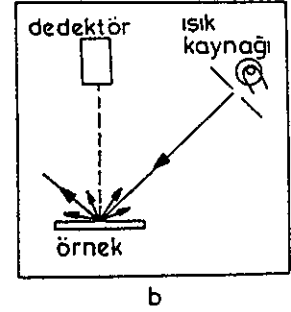
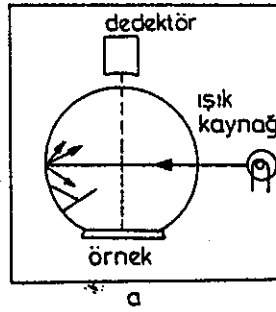
CIE renk ölçerde kullanılan X filtresi (kırmızı filtre) 600 nm civarındaki kırmızı ışınları, Y filtresi (yeşil filtre) 550 nm civarındaki yeşilimsi sarı ışınları, Z filtresi (mavi filtre) 450 nm civarındaki mavi ışınları diğer dalga boylarına göre daha iyi geçirir. X,Y,Z filtrelerinin üçüne birden standart gözlemci denir (ANONYMOUS, 1991). Bu üçlü filtre sistemi, gözün görme olayındaki fonksiyonunun bir benzerini gerçekleştirir (Şekil 4).

CIE renk ölçer cihazların aydınlatma ve gözleme (izleme) sistemleri genelde iki tipdir (Şekil 5);

- Diffüzenmiş ışıkla aydınlatma, 0° açı ile gözleme,
- 45° açı ile aydınlatma, 0° açı ile gözleme.



Şekil 4. CIE standart gözlemci

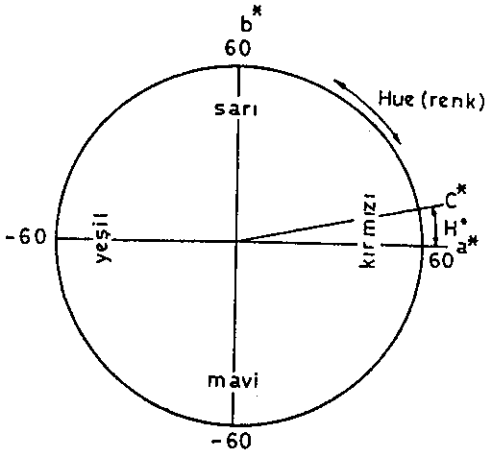


Şekil 5. CIE renk ölçer cihazların aydınlatma ve gözleme (izleme) sistemleri
a. Diffüzenmiş ışıkla aydınlatma, 0° ile gözleme
b. 45° açı ile aydınlatma, 0° ile gözleme

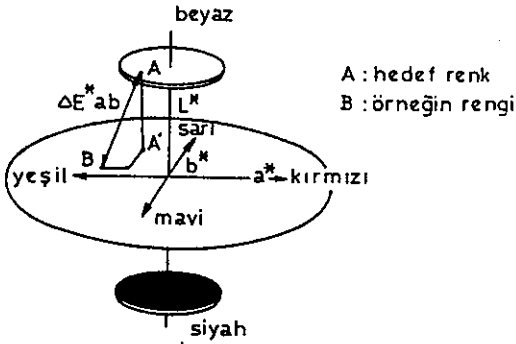
Çoğunlukla kullanılan birinci sistemdir. Ancak parlak cisimlerin renklerinin ölçümünde ikinci sistem kullanılır. İkinci sistemde parlaklığın renk ölçümünü etkilemesi önlenir. Yansıyan ışın 45° ile yansır ve dedektör üzerine gitmez. Bazı renk ölçer aletlerde gözleme açısı 0° den farklı olabilir, 10° gibi.

CIE sisteminde XYZ ve Yxy renk sistemlerinden başka L*a*b* ve L*C*H° renk sistemleri de kullanılmaktadır (Şekil 6). L* aydınlık değeridir, a* kırmızı ve yeşilliği, b* sarı ve maviliği ölçer. C* kroma, H° hue yani renkle ilgilidir.

CIE renk ölçerlerde renk farkları da ölçülebilir. Örnek renginin hedeflenen renkten ne kadar farklı olduğu $\Delta(Yxy)$, $\Delta(L^*a^*b^*)/\Delta E^*$ ab gibi büyüklükler şeklinde ifade edilir (Şekil 7).



Şekil 6. CIE L*a*B* ve L*C*H° sistemleri



Şekil 7. CIE L*a*b* ve L*C*H° sistemlerinin 3 boyutlu olarak gösterilmesi

Renk ölçer aletlerle çalışırken gıdanın ölçülen kısmının çapı 2 cm kadardır, bir başka deyişle cihazın ölçüm alanı genellikle 2 cm çaplı dairedir. Rengi homojen olmayan örneklerle çalışılırken cihazın, 4-5 cm çaplı alanı ölçecek tipte olması daha uygundur.

MUNSELL RENK SİSTEMİ

Munsell sistemi ile ölçüm yapılırken çeşitli diskler kullanılır, bunlardan bir kısmı renk, diğerleri de aydınlık değeri ile ilgilidir. Ölçüm sırasında 2 renk diski ile birlikte, bir veya iki aydınlık diski kullanılır. Bu üç veya dört disk belirli oranlarda çakıştırılarak hızla döndürülür ve disklerin dönmesiyle oluşan renge bakılır. Bu renk, ölçümü yapılan gıdanın rengi ile aynı olmalıdır. Bu amaçla gerekirse diskler ve veya bunların üstüste gelme oranları değiştirilir. Elde edilen rengin gıdanın rengiyle aynı olup olmadığı gözle kontrol edilir. Ölçüm sırasında kullanılan disklere ve bunların çakışma oranlarına bakılarak, gıdanın rengi Munsell sistemine göre ifade edilir. Bu sistemde renk 1'den 10'a kadar sayılarla belirtilir (KRAMER ve TWIGG, 1984).

Çok şiddetli renkler için kroma 10'u biraz geçebilir. Rengi ifade etmek için, İngilizce olarak rengin ilk harfi kullanılır. Örneğin 5G8/3 ifadesinde 5G rengin yeşil olduğunu, 8 aydınlık değerinin yüksek olduğunu, 3 ise kromanın zayıf olduğunu gösterir. 8G2/7 gösteriminde, 8G rengin mavimsi yeşil olduğunu, 2 aydınlık değerinin düşük olduğunu, 7 ise kromanın şiddetli olduğunu gösterir. Bazı tablolardan veya üstüste çakıştırılmış Munsell ve CIE eğrilerinden yararlanılarak Munsell sistemine göre elde edilen sonuçların CIE sistemine dönüştürülmesi olasıdır.

HUNTER RENK SİSTEMİ

Hunter sistemi CIE L*a*b* sistemine benzer. Madenin rengi Hunter Lab değerleri ile ifade edilir. L aydınlık değeridir, a kırmızı ve yeşilliği, b sarı ve maviliği gösterir. L, a ve b değerleri 0'dan 100'e kadar sayılarla ifade edilir (KRAMER ve TWIGG, 1984). Hunter Lab değerlerinden CIE XYZ değerlerine geçmek için veya bunun tersini yapmak için aşağıdaki formüller kullanılır.

$$L=10\sqrt{Y}$$

$$a=17.5(1.02X-Y)/\sqrt{Y}$$

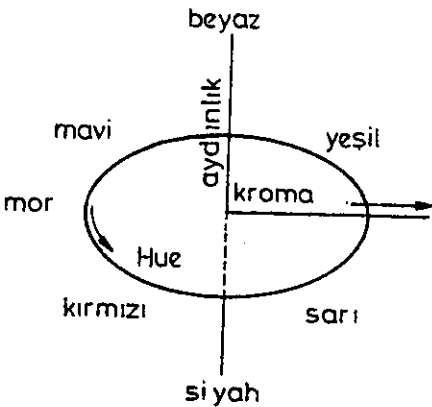
$$b=7(Y-0.847Z)/\sqrt{7}$$

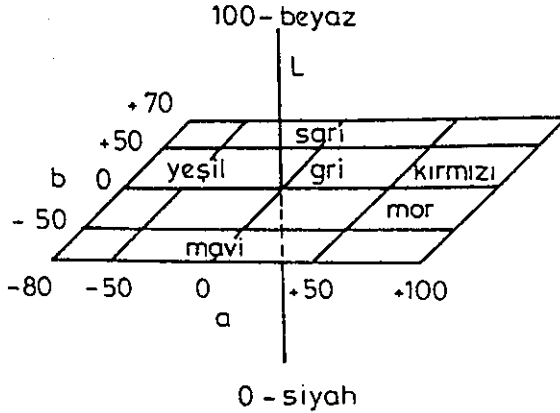
$$Y=(0,1L)^2$$

$$X=0.980\left(Y+\frac{0.1aL}{17.5}\right)$$

$$Z=1.18\left(Y-\frac{0.1bL}{7}\right)$$

Şekil 8. Munsell renk sistemi





Şekil 9. Hunter renk sistemi

ma değerlerinden objektif renk kriterleri elde etmek olasıdır. Örneğin sucuklarda NI (R_{560}/R_{500}) değeri myoglobin pigmentinin nitrozomyoglobine dönüşme oranını, yani kırmızı et renginden morumsu sucuk rengine geçiş derecesini gösterir. R_{560} ve R_{500} değerleri sırasıyla 560 ve 500 nm'lerdeki yüzde yansımaya değerleridir (PAGAN-MORENO ve ark., 1992; CAMPO-FERNANDEZ ve ark., 1992). Sucukların renginin ölçülmesinde bir başka yansımaya yöntemi TSC değerinin ölçülmesidir. TSC değeri $(R_{570}-R_{525})/(R_{650}-R_{525})$ olarak tanımlanmıştır (ÜREN ve BABAYİĞİT, 1996).

OBJEKTİF RENK KRİTERLERİNİN PANEL SONUÇLARI İLE KIYASLANMASI

Çeşitli şekillerde elde edilen objektif renk ölçüm sonuçlarının tüketici tercihlerini gösteren panel sonuçlarıyla (subjektif sonuçlar) kıyaslanması gerekir. Bu işlem sonunda panel sonuçlarıyla korelasyon gösteren objektif kriterler ve bunların korelasyon katsayıları saptanır. Panel sonuçlarıyla korelasyon göstermeyen objektif parametrelerin pratikte bir değeri yoktur ve bu nedenle ölçülmesinin de bir anlamı yoktur.

Çizelge 1'de Türk tipi sucukların renk ölçümünde kullanılan objektif parametrelerin panel sonuçlarıyla (sıralama toplamları) olan korelasyon katsayıları görülmektedir. CIE x, y, b*, C* ve H° ile panel sonuçları arasında bir korelasyon olmasına karşın CIE L* ve a* parametreleri ile panel sonuçları arasında korelasyon görülmemektedir. Diğer objektif parametrelerden RSI (R_{570}/R_{650}) ve NI(R_{560}/R_{500}) değerleri ile panel sonuçları arasında bir korelasyon olmasına karşın, NaNO₂ içeriği ile panel sonuçları arasında bir korelasyon yoktur (ÜREN ve BABAYİĞİT, 1997).

Çizelge 1. Türk Tipi Sucukların Renk Ölçümünde Çeşitli Objektif Parametrelerin Panel Sonuçlarıyla (Sıralama Toplamları) Korelasyon Katsayıları (R), P<0,05 İçin R≥0,603 Olmalıdır

Objektif parametre	r	Objektif parametre	r
CIE x	0.658	CIE C*	0.740
y	0.924	H°	0.816
L*	0.519	RSI	0.652
a*	0.427	NI	0.794
b*	0.857	NaNO ₂	0.389
		(mg/kg)	

mektedir. Buna göre donmuş Lima fasulyesi için objektif renk kriteri olarak sadece Hunter L parametresi ölçülmelidir. Hunter a ve b parametrelerini ölçmenin bir anlamı yoktur. Domates salçası için a ve b parametreleri okunmalıdır, elma sosu için L, a ve b değerlerinin üçünün de ölçülmesi gerekir.

RENK ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN DİĞER YÖNTEMLER

Gıda maddelerinin renklerini objektif olarak saptamak için bazen gıdadaki renk maddesinin veya renk maddelerinin uygun bir solventle ekstraksiyonu yoluna gidilir. Elde edilen pigment çözeltilerinin konsantrasyonları spektrofotometrik olarak (absorbans ölçümü yoluyla) saptanır.

Böylece işlem sonunda gıdadaki pigment konsantrasyonu hesaplanmış olur. Pigment konsantrasyonu renk ölçümünde objektif bir kriterdir. Gıda maddesinin dalga boyu-yüzde yansımaya grafiğinden faydalanılarak, değişik dalga boylarındaki yüzde yansımaya

Çizelge 2. Donmuş Lima Fasulyesi, Konserve Domates Salçası ve Konserve Elma Sosu İçin Korelasyon Katsayıları

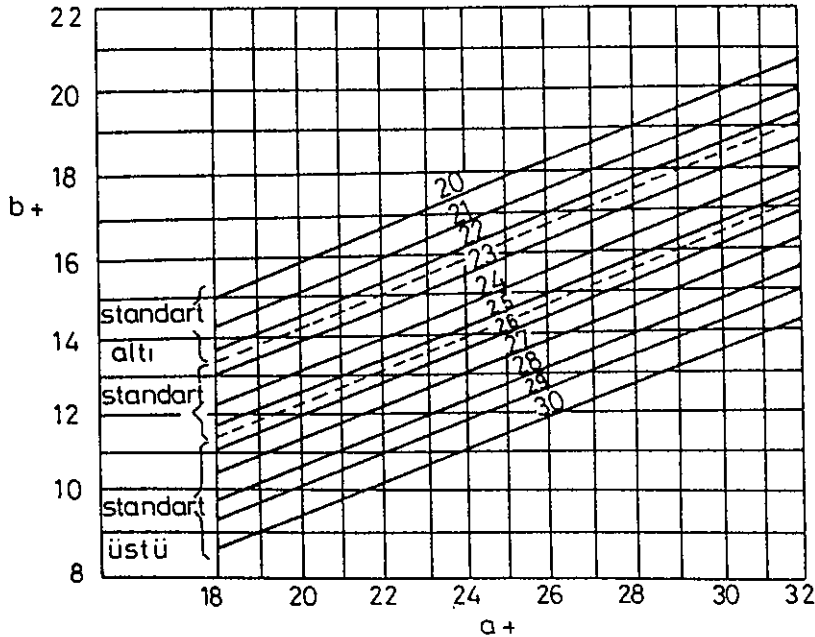
	Donmuş Lima fasulyesi	Konserve domates salçası	Konserve elma suyu
r			
Hunter L	-0.836	-0.542	+0.477
a	+0.552	+0.635	+0.723
b	+0.635	-0.652	+0.604
R			
L.a	-	-	+0.764
L.b	-	-	+0.642
a.b	-	+0.903	+0.822
L.a.b	+0.842	+0.904	+0.908

r: Basit korelasyon katsayısı

R: Katlı korelasyon katsayısı

amaçla regresyon analizleri yapılarak puan ile objektif değerler arasında regresyon eşitlikleri bulunur. Lima fasulyeleri için $p=89,1 - L$ eşitliği, domates salçası için $p=32,6+0,682a - 1,678b$ eşitliği ve elma sosu için $p=9,40 + 0,056L + 0,802a + 0,252b$ eşitliği elde edilir. Bu eşitliklerden faydalanarak gıdanın renk açısından puanı hesaplanıp sınıflandırılması yapılabilir. Yukarıdaki eşitlikleri çizelge veya nomogramlara dönüştürmekle, puanlama ve sınıflandırma daha kolay bir şekilde yapılabilir (Çizelge 3, Şekil 10 ve Şekil 11).

Lima fasulyelerinde olduğu gibi panel sonuçlarıyla korelasyon gösteren bir tek objektif renk parametresi olduğunda, gıdayı renk açısından sınıflandırmak için renk kartlarından faydalanılabilir.

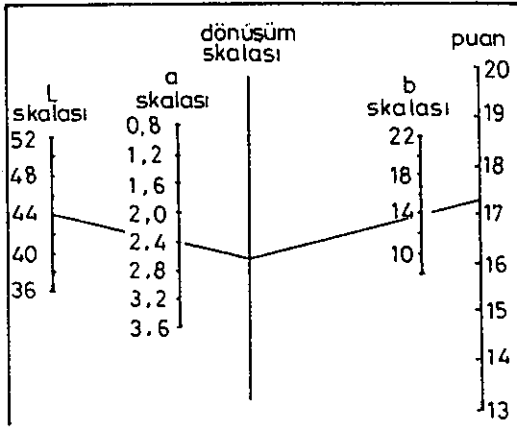


Şekil 10. Domates salçası için hunter a ve b değerlerine bağlı olarak puanlama ve sınıflandırmanın nomogram kullanılarak gerçekleştirilmesi

Çizelge 3. Lima Fasulyesi İçin, Puanlama Ve Sınıflandırmanın L Değerlerine Bağlı Olarak Gerçekleştirilmesi

A sınıfı		B sınıfı		C sınıfı	
L Değeri	Puan	L Değeri	Puan	L Değeri	Puan
29	60	36	53	42	47
30	59	37	52	43	46
31	58	38	51	44	45
32	57	39	50	45	44
33	56	40	49	46	43
34	55	41	48	47	42
35	54				

Panel sonuçları ile korelasyon gösteren objektif değerlerin bulunmasından sonra, bu objektif değerlere göre, gıdanın renk açısından sınıflandırılması gerekir (birinci kalite, ikinci kalite gibi). Bu



Şekil 11. Elma sosu için puanlamamın nomogram kullanılarak gerçekleştirilmesi

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1991. Manual of Minolta Chroma Meters. Minolta Camera Co., Ltd, Osaka 541, Japan.
- CAMPO-FERNANDEZ, A.D., PEREZ-ALVEREZ, J.A., SAYAS-BARBERA, M.E., ARANDA-CATALA, V., 1992. Spanish dry-cured ham: physical and physicochemical study. Proceedings of 38 th Int. Cong. Meat Sci. and Technol., Clermont-Ferrand, 471-474.
- HUNT, R.G.W., 1987. Measuring Colour. Ellis Horwood, Chichester, 221 sayfa.
- HUNTER, R.S., HAROLD, R.W., eds., 1987. The Measurement of Appearance, 2nd edn. Wiley, New York, 411 sayfa.
- KRAMER, A., TWIGG, B.A., 1984. Quality Control for the Food Industry. Vol. 1, 3th edn. The Avi publishing Company Inc., Connecticut, 556 sayfa.
- PAGAN-MORENO, M.J.; PEREZ-ALVEREZ, J.A., SAYAS-BARBERA, M.E., GAGO-GAGO, M.A., RODRIGUEZ-LOPEZ, A., BALLESTER, A., ARANDA-CATALA, V., 1992. Chorizo: Colour parameters evaluation during ripening. Proceedings of 38 th Int. Cong. Meat Sci. and Technol., Clermont-Ferrand, 563-566.
- ÜREN, A., BABAYİĞİT, D., 1996. Determination of Turkish-type fermented sausage colour by a reflectance method. Food Chemistry, 57:561-567.
- ÜREN, A., BABAYİĞİT, D., 1997. Colour parameters of Turkish-type fermented sausage during fermentation and ripening. Meat Sci., 45: 539-549.