

GIDA BİLİMİ VE ENDÜSTRİSİNDE GÖRÜNTÜ ANALİZİ

IMAGE ANALYSIS IN FOOD SCIENCE AND INDUSTRY

Hülya KAPTAN

TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli

ÖZET: Bu makale, gıda hammaddelerinin ve işlenmiş gıda ürünlerinin analitik değerlendirilmesinde kullanılan 'bilgisayarlı görüntü analizi' yönteminin temel basamaklarını özetlemektedir. Bu yöntemin, gıda bilimi ve endüstrisindeki, hızlı ve tutarlı bir araştırma ve kalite kontrol metodu olarak potansiyel uygulamalarına örnekler verilmiştir.

ABSTRACT: This article is summarising the basic steps in 'computerized image analysis' used for analytical evaluation of food raw materials and finished products. Examples are given about the potential applications of computerized image analysis as a quick and accurate method of quality control and research in food science and industry.

GİRİŞ

Kişisel bilgisayarlar için kullanımı kolay görüntü analizi programlarının yazılmasından sonra ortalama bir laboratuvarda yürütülebilecek görüntü analizi uygulamalarının sınırları oldukça genişlemiştir. Bu paketler, görüntü geliştirme olanağı ve pratik ölçüm teknikleri sağlamanın yanında görüntü yönetimi, otomatik analiz ve detaylı sonuç raporlarının eldesi gibi büyük-ölçekli kontrol uygulamalarını da mümkün kılmaktadır. Görüntü analizi yönteminin başlıca uygulama alanları döküman işleme (karakter tanımlama), mikroskop, radyoloji, endüstriyel otomasyon, uzaktan algılama, denizcilik ve havacılık, ve askeri keşif çalışmaları olarak sıralanabilir. Bu farklı uygulama alanlarının ortak noktası, bilginin görüntü şeklinde yakalanması, kaydedilmesi ve işlenip yorumlanmasıdır (LENNARD, 1990).

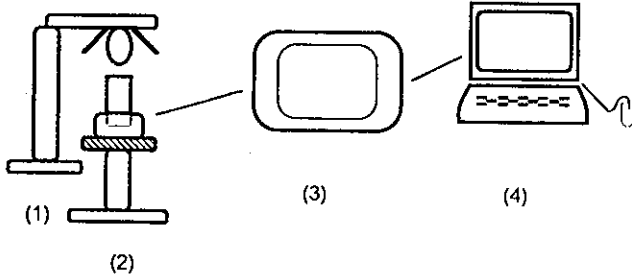
Aslında, görüntüleme tekniklerindeki gelişmeler çoğunlukla malzeme bilimi, biyoloji ve tıp gibi alanlarda gerçekleştirilip daha sonra gıda biliminde uygulamaya konmaktadır. Biyolojik hammaddelerin gıdalara dönüşümü yapısal ve şekilsel değişimlere yol açtığı için, genellikle bu teknikler uygulamaya konulmadan önce adaptasyona gerek duyulur (KALÁB ve ark., 1995).

Görüntü İşleme

Bilgisayarlı görüntü analizi, görsel şekillerin grilik düzeylerinin farklı aralıklarla ölçülmesi için çeşitli yöntemlerle işlenmesini içerir. İşlenen görüntü daha sonra bir piksel matrisinde kaydedilir (SMOLARZ ve ark., 1989).

Bir görüntü analiz sistemi basit olarak dört parçadan oluşur: (1) ışık kaynağı, (2) kamera veya mikroskop, (3) monitör, (4) görüntü analizi programı (Şekil 1) (KAPTAN 1996). Görüntü analizinde ilk basamak söz konusu görüntünün elde edilmesi, yani optik görüntünün önce elektrik sinyallerine, daha sonra da numerik bir forma dönüştürülmesidir. Görüntüler ya doğrudan bir mikroskop veya kamera aracılığı ile dijital formda elde edilir, ya da matematiksel analiz için kolayca sayısal forma dönüştürülebilecek görüntü çıktıları olarak alınır. İkinci basamak, gerekli görülen durumlarda görüntünün geliştirilmesidir. Basit kontrast optimizasyonu, pürüzsüzleştirme, keskinleştirme ve kenar belirlemeden, aritmetik/mantık operatörleri ve Fourier operatörlerine kadar değişen şaşırtıcı çoklukta geliştirme algoritması vardır. Geliştirme işleminden sonra görüntü segmentasyonu uygulanır. Bu işlem, basit olarak görüntüde ilgilenilen özelliğin kontrast kullanılarak arka plandan ayrılmasıdır. Segmentasyon, ölçümün ilk aşamasıdır ve ölçümü yapılacak alanın etrafını bir kutu ile çevrelemek kadar basit olabileceği gibi, normalize korrelasyon fonksiyonları gibi daha karmaşık yöntemleri de içerebilir.

Büyükliğin yanında parlaklığın da önemli olduğu durumlarda "konveks segmentasyon algoritması" kullanılabilir (RUSS ve ark., 1988). Görüntüdeki objenin kenarlarını düzleştirmek, objenin iskeletini elde etmek veya çoklu görüntüleri birleştirmek için sırasıyla piksel ekleme ve çıkarma işlevi olan "dilasyon" ve "erozyon" teknikleri martıksal ve morfolojik operatörler ve diğer otomatik görüntü yönetimi metodları kullanılabilir (SERRA ve ark., 1982). Görüntü yönetiminin bir başka yolu da objeler veya bir obje ile arka plan arasındaki kontrastı güçlendirmek için orijinal gri görüntünün işlenmesi veya görüntüdeki ışıklandırma problemlerinin çözülmesidir (RUSS ve ark., 1988).



Şekil 1. Bilgisayarlı Görüntü Analizi Sisteminin Şeması.

fraktal boyut, gözenek sayısı, konvekslik, katılık vs.) gibi parametrelerin belirlenmesini sağlar. Ayrıca, görüntüdeki herbir objenin yönelimi ve pozisyonu, ve parlaklık, yoğunluk, kontrast ve doku bilgilerini de verir (RUSS ve ark., 1988).

Global ölçümler ise bütün bir görüntüyle ilgilidir ve alan fraksiyonu, çizgilerin boyu ve eğimi, çeşitli türlerdeki eğimler ve oriyantasyon parametrelerini içerir. Örneğin, siyah bir zemin üzerine saçılmış pirinç tanelerinin boyunun belirlenmesi bir spesifik ölçümdür. Diğer taraftan, bir yaprağın görüntüsündeki beneklerin sayısı ve bu beneklerin toplam alanın yüzde kaçını kapladıklarının belirlenmesi global ölçüme bir örnektir (RUSS ve ark., 1988).

Bilgisayarlı Görüntü Analizinin Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları

Gıda işleme operasyonları sonucunda gıdalar, nişastanın jelatinizasyonu ve proteinlerin denatürasyonu gibi mikroskopik ve makroskopik düzeyde çeşitli değişikliklere uğrarlar. Bilgisayarlı görüntü analizi yöntemi, istatistiksel değerlendirmelere olanak sağlayan sayısal verilere dönüştürülebilen görüntü formunda datalar oluşturduğu için gıdalardaki bu tür değişikliklerin morfolojik ve kompozisyonel açıdan ölçülebilmesini sağlar. Bu tür veriler, gıdaların dokusu ve yapısı da dahil olmak üzere duyuşal özellikleri arasındaki ilişkileri anlayabilmek açısından çok önemlidir.

Et analizleri görüntü analizi sisteminin yaygın olarak kullanıldığı en önemli alanlardan birisidir. Segmentasyon prosedürlerinin en önemlilerinden biri olan "bağlılık analizi (connectivity analysis)", kas haritasını çıkarmak ve otomatik histo-kimyasal lif tayini için kullanılır (HERMANSON ve ark., 1986). Bu yöntemde görüntü, "damla (blob)" adı verilen ve birbiriyle bağlantılı piksel gruplarına ayrılır ve herbir damlanın çevresi ve pozisyonu için hiyerarşik bir liste oluşturulur. Analiz, bu bölümlerin video görüntüleri dijitalleştirildikten sonra iki basamakta gerçekleştirilir. İlk olarak, bağlılık analizi kullanılarak kasın şekli ve alanı, kasın yapısında bulunan lif sayısı ve herbir lifin büyüklüğü ve şekli belirlenir. "Damla" yöntemi herbir lifi ayrı bir eleman olarak ele alabilmek ve böylece toplam lif sayısını ve her bir lifin şeklini ve büyüklüğünü belirlemek ve liflerin sınırlarını ayırt etmek için kullanılır. Bu şekilde elde edilen verilerin ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanır ve istatistiksel analiz için bir dosya halinde kaydedilir. İkinci basamakta, lifler dört histo-kimyasal kas sınıfına göre sınıflandırılır. Bunun için kasın bir bölümü alkali ortama dayanıklı miyofibriler ATPaz ile boyanır ve dijital görüntüde yoğunluk dilimlemesi yapılarak üç alt görüntü elde edilir. Bunun sonucunda açık orta ve koyu renkteki lifler ayırt edilir ve bağlılık analizi yapılır. Aynı işlem NADH-TR (NADH-tetrazolium redüktaz) ve mitokondriyal alfa-

Görüntünün Ölçümü

Ölçüm, bir görüntü analizi çalışmasının son aşamasıdır. Bilgisayarlı görüntü analizi, bilimsel çalışmalarda çok önemli olan "görüntünün sayısal olarak ifadesi"ni mümkün kılmaktadır (LABEL, 1985). Görüntü analizi sistemiyle başlıca iki çeşit ölçüm yapılabilir: (1) spesifik ölçümler, (2) global ölçümler (KALÁB ve ark., 1995).

Spesifik ölçümler objenin büyüklüğü (alan, uzunluk, genişlik, çevre, hacim, yüzey alanı vs.) ve şekli (şekil faktörü, cephe oranı,

glicerofosfat dehidrogenaz kullanılarak tekrarlanır. Sonuç olarak dokuz görüntü ve dokuz veri dosyası oluşturulur. Bu dosyalar tek bir analiz paketine transfer edilir ve basit bir makro yardımı ile lifler otomatik olarak sınıflandırılır (LENRAD, 1990). Ette bilgisayarlı görüntü analizi lif tayini dışında, kompozisyon (%yağ ve protein) belirleme (FORREST ve ark., 1991; KUCHIDA ve ark.,1992; CURT, 1993) ve ette mermerleşme tayini için de kullanılır (ISHII ve ark., 1992; SCHOLZ ve ark., 1995; LEFAUCHEUR ve ark., 1992).

Meyve ve sebze sektöründe gün geçtikçe artan yüksek kaliteli ürün arayışı, gelişmiş kontrol ve sınıflandırma sistemlerine duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu doğrultuda, ürünleri 40 adet/s hızla sınıflandırma kapasitesine sahip hızlı görüntü analizi sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler hem hammaddenin hem de son ürünün kalitesinin tayini, özellikle standartlara uymayan renk, şekil, ya da büyüklüğe sahip ürünlerin belirlenmesi amacıyla gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (LEWICKI, 1995; YANG, 1993; QINGSHENG ve MARCHANT, 1996). Örneğin, OKAMURA ve ark. (1993) üzümün sınıflandırılmasında bu tür bir sistem kullanmışlar ve sonuç olarak bu sistemin, endüstride standart olarak kullanılan hava akımlı sistemlerle karşılaştırılabilir olduğunu görmüşlerdir. HEINEMANN ve ark. (1994) mantarları kontrol etmek ve sınıflandırmak için bir görüntü analizi sistemi kullanmışlardır. Bu sistemlerden elde edilen sonuçları iki kontrolör tarafından verilen değerlerle karşılaştırdıklarında, sistemin ortalama %20 oranında hatalı sınıflandırma yaptığını, buna karşı iki kontrolör arasındaki uyumsuzluğun %14-36 arasında değiştiğini görmüşler ve bu nedenle böyle bir sistemin etkin olarak kontrol ve sınıflandırmada kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Bilgisayarlı görüntü analizi sistemlerinin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte gözenekli yapıya sahip ürünlerin gözenek dağılımının incelenmesi ile ilgili çalışmalar da kolaylaşmıştır. Bu sistemlerin önemli bir avantajı da, görüntü - bazlı tekniklerle yapılan ölçümlerde toplam porozitesi eşit örneklerin birbirinden ayırtedilebilmesidir (LANGE ve ark., 1994). Fırıncılık ürünlerinin ve ekstrude ürünlerin gözenek yapılarının görüntü analizi yöntemiyle belirlenmesi ile ilgili çalışmalar çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmıştır (BARRET ve ROSS, 1990; BARRET ve PELEG, 1992; SMOLARZ ve ark., 1989; KAPTAN, 1996; GOHTANI ve ark., 1992). Görüntü analizi yönteminin bir diğer ilginç uygulaması da yumuşak ve sert buğday çeşitlerinin nişasta granüllerinin büyüklüğüne göre ayırtedilmesidir (ZAYAS ve ark., 1994). Yapılan çalışmalar eşdeğer çap ve cephe oranının sınıflandırmada kullanılabilecek parametreler olduğunu göstermiştir. Ayrıca granülün büyüklük ve şekil dağılımı da sınıflandırma parametresi olarak kullanılabilir. Bilgisayarlı görüntü analizi yöntemi, süt ürünlerinin fonksiyonel özelliklerinin mikro-yapılarından tahmin edilebilmesi için, mikro-yapısal özellikleriyle reolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde de kullanılabilir (NI ve GUNASEKARON, 1995; HOLCOMB ve ark., 1992; TANEYA ve ark., 1992; LAYE ve ark., 1995; MARLE VE ZOON, 1995).

Yakın zamanda, iki araştırmacı POETTKER ve KOHLUS (1996), köpük yapılı ürünlerdeki hava kabarcığı dağılımının on - line analizini yapabilecek bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistemle 50-200 kabarcık içeren bir örneğin 5-7 s gibi çok kısa bir sürede analizi mümkündür. Bu sistemin, dondurma karışımı gibi çeşitli gıdalardaki uygulamaları küresel şekiller için başarılı sonuçlar vermiş, ancak yüksek seviyelerdeki köpürmeler (<%400) altıgen yapılarla sonuçlandığı için eldeki algoritmayla ölçümleri mümkün olmamıştır.

Mikrobiyolojide bilgisayarlı görüntü analizi sistemleri mayaların morfolojik karakterizasyonu, bakteri hasarının tayini, hızlı sayım, mikroorganizmaların antibiyotik hassasiyetlerinin testi ve değişik mikrokolojilerdeki davranışlarının incelenmesi için kullanılabilir (KIM ve FRANK, 1995; AJAIB ve ark., 1990; THOMAS ve WIMPENNY, 1996; TSUCKIDA ve ark., 1994; ZALEVOSKIA ve BUCHHOLZ, 1996; SING ve ark., 1989; PONS ve ark., 1993; HOMMANDS ve ANDENWALA, 1990).

Yukarıda, bilgisayarlı görüntü analizi sisteminin gıda bilimi ve endüstrisinde uygulama alanı bulduğu birkaç örnek verilmiştir. Bu tür sistemlerin araştırma ve kalite kontrolünde, ayrıca üretimin robotik bölümünde önemli bir rol oynadığı açıktır. Ancak böyle bir sistemin, eğitimsiz bir operatörün kolayca rutin

analiz yapabildiğini veya bir uzmanın detaylı çalışmaları yapabildiğini sağlayacak birtakım özellikleri olması gerekir. Herşeyden önce büyüklük, şekil, pozisyon ve parlaklık değerlerini verecek çok sayıda parametrenin ölçümünü mümkün kılmalıdır. Çok sayıda veriyi kaydedip istatistiksel olarak değerlendirme yeteneğine sahip olmalıdır. Ayrıca bozuk görüntüleri işleme ve görüntüdeki sözkonusu objeyi ayırtedebilme özelliğine sahip olmalıdır. Buna ilaveten, sistemin otomatik netleştirme ve objeleri ayırma özelliğine de sahip olması gerekir.

KAYNAKLAR

- AJAIB, S., YU, F.P. ve McFETERS, G.A. 1990. Rapid detection of chlorine-induced bacterial injury by the direct viable count method using image analysis. *Appl. Envir. Icrobiol.* 56 (2) : 389.
- BARRET, A.H. 1992. Structural and mechanical characterization of extrudates. *Diss. abstr. Int.* - B 52 (9): 4535.
- BARRET, A.M. ve PELEG, M. 1992. Cell size distributions of puffed corn extrudates. *J. Food Sci.* 57 (1) : 146.
- CURT, C. 1993. Determination o composition of meat products. *Viandes et Produits Cames* 14 (1): 28.
- GOHTANI, S., ARIUCHI, N., KAWASOME, S. ve YAMANO, Y. 1992. Computerized image analysis of sudachi (gas cell distribution) of baked cereal products. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.* 39 (9): 749.
- HAMMONDS, S.J. ve ADENWALA, F. 1990. Antibiotic sensitivity testing of bacteria by microcolony inhibition and image analysis. *Letters in Applied Microbiology* 10 (1): 27.
- HEINEMANN, P.H., HUGHES, R., MORROW, C.T., SOMMER, H. J. III, EELMAN, R. B ve WUEST, P.J. 1994. Grading of mushrooms using a machine vision system. *Trans. ASAE* 37 (5): 1671.
- HERMANSON, J. W., LENNARD, P.R. ve TAKAMOTO, R.L. 1986. *Morphol.* 87: 39.
- HOLCOMB, D.N., PECHAK, D.G., CHAKRABARTI, S. ve OPSAHL, A.1992. Visualizing textural changes in dairy products by image analysis. *Food-Technology* 46 (1) 122.
- ISHII, T., CASSENS, R.G., SCHELLER, K.K., ARP, S.C. ve SCHAEFER, D.M.1992. Image analysis to determine intramuscular fat in suscle. *Food str.* 11 (1): 55.
- KALÁB, M., ALLAN-WOJTAS, P. ve MILLER, S.S. 1995. Microscopy and other imaging techniques in food structure analysis. *Trends in Food Sci. Technol.* 6: 177.
- KAPTAN, N. 1996. Development of a snack type food product from corn starch - chickpea flour blends by extrusion cooking. Master Thesis, Middle East Techn. University, Ankara. pp. 48.
- KIM, K.Y. ve FRANK, J. F. 1995 Effect of nutrients on biofilm formation by *Listeria monocytogenes* on stainless steel. *J. Food Prot.* 58 (1): 24.
- KUCHIDA, K., SUZUKI, K., YAMAKI, K., SHINOHARA, H. ve YAMAGISHI, T. 1991. Prediction of chemical composition of pork by personal computer colour image analysis. *Animal Sci. Technol.* 69 (5): 477.
- LANGE, D.A., JENNINGS, H.M. ve SHAN, S.P. 1994. Image analysis techniques for characterization of pore structure of cement-based materials. *Cement and Concrete Research* 24 (5): 841.
- LAYA, i., MAI, F.I., KARLESKIND, D. ve MORR, C.V. 1995. Effect of dialysis on rheological and microstructural properties of whey protein concentrate gels. *IFT Annual Meeting*, p. 121.
- LEFAUCHEUR, L., BUCHE, P., ECOLAN, P. ve LEMOING, M. 1992. Classification of pig myofibres and assessment of post-mortem glycogen depletion according to fibre type by computer image analysis. *Meat Sci.* 32 (3): 267.
- LENNARD, P.R. 1990. Image analysis for all. *Nature* 347: 103.
- LEWICKI, P.P. 1995. Use of computer image analysis in food technology. *Prezemysl - Spozywczy* 49 (5): 155.
- MARLE, M.E. ve ZOON, P. 1995. Srtucture of yoghurt gels. *Voedingsmiddelentechol.* 28 (21) : 13.
- NI, N. ve GUNASEKARAN, S. 1995. Evaluating cheese shred quality using computer image analysis. *IFT Annual Meeting*, p. 282.
- OKAMURA, N.K., DELWICHE, M.J. ve THOMPSON, J.F. 1993. Raisin grading by machine vision. *Trans. ASAE* 36 (2) : 485.
- POETTKER, H. ve KOHLUS, R. 1996. Measurement of foams on- line. *Lebensmitteltech.* 28 (6) : 38.
- PONS, M.N., VIVIER, H., REMY, J.F. ve DODDS, J.A. 1993. Morphological characterization of yeast by image analysis. *Biotechn. and Bioeng.* 42 (11) : 1352.
- QINGSHENG, Y. ve MARCHANT, J.A. 1996. Accurate blemish detection with active contour models. *Comp. and Elect. in Agric.* 14 (1) : 77
- SCHOLZ, A., PAULKE, T. and EGER, H. 1995. Determining the degree of marbling in the pig. Use of computer-supported video picture analysis. *Fleischwirtschaft* 75 (11): 1322.

- SINGH, A., PYLE, B.H. ve McFETERS, G.A. 1989. Rapid enumeration of viable bacteria by image analysis. J. Microbiol. Methods 10 (2) : 91.
- SMOLARZ, A., HECKE, E. ve BOUVIER, J.M. 1989. Computerized image analysis and texture of extruded biscuits. J. Text. Studies 20 (2) : 223.
- TANEYA, S., IZUTSU, T., KIMURA, T. ve SHIOYA, T. 1992. Structure and rheology of string cheese. Food Structure 11 (1) : 61.
- THOMAS, L.W. ve WIMPENNY, J.W.T. 1996. Investigation of the effect of combined variations in temperature, pH, and NaCl concentration on nisin inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*. Appl. Environ. Microbiol. 62 (6) : 2006.
- TSUCHIDO, T., TAKEUCHI, H., KAWAHARA, H. ve OBATA, H. 1994. Evaluation of bacterial injury by image analysis of cell motion. J. Ferment. and Bioeng. 78 (2) : 185.
- YANG, Q. 1993. Finding stalk and calyx of apples using structured lighting. Comp. and Elect. in Agric. 8 (1) : 31.
- ZALEWSKI, K. ve BUCHHOLZ, R. 1996. Morphological characterization of yeast cells using an automated image processing system. J. Biotechnol. 48 (1-2) : 43.
- ZAYAS, I. Y., BECHTEL, D. B., WILSON, J.D. ve DEMPSTER, R.E. 1994. Distinguishing selected hard and soft red winter wheats by image analysis of starch granules. Cereal Chem. 71 (1) : 82.

GIDA DERGİSİ 1999 yılı reklam fiyatları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Fiyatlar bir sayı için olup KDV dahil değildir.
Trikrom ofset baskıya uygun filmlerin gönderilmesi gereklidir.

Arka Kapak	: 60.000.000.-TL.
Kapak İçleri	: 48.000.000.-TL.
İç Sayfa (1/1)	: 32.000.000.-TL.

GIDA TEKNOLOJİSİ DERNEĞİ
YÖNETİM KURULU