



Görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmeğin doku analizi ve arayüz programının geliştirilmesi

Turab Selçuk¹, Abdullah Sinan Çolakoğlu², Ahmet Alkan^{1*}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, 46200, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, Kahramanmaraş, 46200, Türkiye

ÖNEÇİKANLAR

- Görüntü işleme teknikleriyle ekmeğin kalite analizi
- Katkı maddesi ve enzimlerin ekmeğin kalitesine etkisi
- Ekmeğin gözeneklerinin otomatik bölütlenmesi

Makale Bilgileri

Geliş: 20.10.2015

Kabul: 14.09.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.406777

Anahtar Kelimeler:

Görüntü bölütleme,
ekmeğin kalite analizi,
ekmeğin katkı maddeleri,
grafiksel kullanıcı arayüzü

ÖZET

Ekmeğin, içerisine konulan maddelerin miktarı ve cinsine bağlı olarak farklı kalitede üretilebilmektedir. Ekmeğin dokusundaki gözeneklerin, sayısı, yoğunluğu, alanı gibi yapısal özellikler ekmeğin kalitesi açısından önemli bilgiler içermektedir. Bu çalışmada DATEM (Diacetyl tartaric esters of monoglycerid) katkı maddesinin, fosfolipaz (FL) enziminin ve glikolipaz (GL) enziminin doğrudan ekmeğin yapım yöntemiyle üretilmiş ekmeğlerdeki kaliteye olan etkisi belirlenmiştir. Bu amaçla, Matlab'te görüntü işleme teknikleri kullanılmış ve ekmeğin gözeneklerinin bölütlenmesi temelli bir yazılım oluşturulmuştur. Çalışmada, 104 farklı ekmeğin imgesi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar DATEM'in ekmeğin gözenek yapısını iyileştirerek, konsantrasyonu doğru orantılı olarak ekmeğin hacmini artırdığını göstermiştir. FL'nin 20 mg.kg⁻¹ ve GL'nin 60 mg.kg⁻¹ konsantrasyonlarında ise gözenek sayısı ve gözenek alanında artış olduğu da gözlemlenmiştir. Çalışmanın başarımının belirlenmesinde ZSI (Zijdenbos Similarity Index) indeksi kullanılmıştır. Elde edilen başarımların indeks değerleri 0,87 ile 0,93 arasında değişmekte olup literatürde 0,7'den büyük değerler başarılı olarak kabul edilmektedir. Elde edilen sonuçlar, önerilen metodolojinin ekmeğin gözeneklerinin bölütlenmesine dayanan ekmeğin kalitesi analizinde kullanılabilirliğini göstermiştir.

Bread texture analysis and development of user interface using image processing techniques

HIGHLIGHTS

- Bread quality analysis with image processing techniques
- The effect of additives and enzymes on bread quality
- Automatic segmentation of bread cells

Article Info

Received: 20.10.2015

Accepted: 14.09.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.406777

Keywords:

Image segmentation,
bread quality analysis,
bread additives,
graphical user interface

ABSTRACT

Bread can be produced in different qualities, depending on the quantity and type of the ingredients. The textural properties such as number, density, area of cells in bread texture contain important information about the quality of bread. In this study, impact of diacetyl tartaric esters of monoglycerides (DATEM) additive, (FL) phospholipase enzyme and (GL) glucolipase enzyme on the directly produced bread quality is determined. For this purpose, image processing techniques have been used in Matlab and a segmentation of the bread cells based software was created. In this study, 104 different bread images were used. The obtained results showed that DATEM additive increased bread volume by improving structure of cell which is directly proportional with the concentrations. It is also observed that number and area of cells are increased in the 20 mg/kg of concentrations of FL lipase enzyme and 60mg/kg of concentrations of GL lipase enzyme. The ZSI was used to determine the success of the study. The achieved index values ranged from 0.87 to 0.93 and in the literature values greater than 0.7 were considered as successful. The achieved results showed that the proposed methodology can be used in bread quality analysis based on segmentation of bread cells.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ekmek hamurunun pişirilmesi sırasında sıcaklık etkisiyle hava kabarcıkları genişlettiçe, ekmeğin gözenekli bir yapı haline geldiği görülür. Öz miktarı ve kalitesi yetersiz olan unlardan yapılan ekmekler, küçük hacimli, basık ve düzensiz bir gözenek yapısına sahip olmakta, kabuk yapılarında düzensiz çatlak ve yarıklar bulunmakta, ayrıca bu tip ekmekler kısa sürede bayatlamaktadır [1]. Bu bayatlama sürecinde ekmeğin fiziksel yapısında çeşitli değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler; tat ve koku değişimi, sertliğin artması, ekmeğin kabuğunun parlaklığını yitirmesi, ekmeğin içi ufalanmasının artması, ekmeğin su bağlama kapasitesinin azalması, nişastanın amilaz enzimine duyarlılığının azalması, ekmeğin içinden çözünmüş nişasta miktarının azalması olarak açıklanmıştır [2]. Ancak öz miktarı yetersiz olan unlara uygun miktarda katkı maddesi ilavesi yapılarak üretilen ekmeklerin raf ömrü uzar, hacmi artar, ekmeğin içlerinin gözenek yapıları iyileşir, dokuları ve yumuşaklıkları daha iyi olur [3]. Örneğin DATEM (Diacetyl tartaric esters of monoglycerides) maddesi de yapısında yağ bulduran bir katkı maddesi olup, beyaz ekmeğin, galeta gibi mayalı hamurlar başta olmak üzere birçok un karışımlarında kullanılmaktadır [4]. Yapısında bulunan yağlar gözenekleri çevreleyip hava geçişini engellediğinden, ekmeğin gözenekli yapı alarak hacim kazanmasını sağlar. Bu yüzden ekmeğin içi doku dağılımının belirlenmesi, gerek ekmeğin bayatlama süresinin değerlendirilmesinde, gerek ekmeğin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir [5]. Gelişen görüntü işleme teknikleriyle birlikte ekmeğin kalite analizlerinin daha ucuz, hızlı ve güvenilir şekilde yapılabilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır. Türk Gıda Kodeksinin ürünler tebliğinde de ifade edildiği üzere her gıdada olduğu gibi ekmeğinde kendine has görünümü olması gerekmektedir. Hazırlanmış ekmeklerin istenen boyutlarda dilimlenerek, gelişmiş tarayıcılarla görüntülerin hassas bir şekilde alınıp, bilgisayar ortamında incelenebilecek hale getirilmesi mümkündür. Bu sayede birçok görüntü işleme tekniklerinin kullanılmasına imkân sağlanarak ekmeğin kalitesine yönelik analiz yapmak daha kolay hale gelmektedir. Diğer yandan bir ekmeğin diliminde yüzlerce gözenek olduğu düşünüldüğünde bu gözeneklerin şekil, sayı, düzen gibi özelliklerinin belirlenmesine yönelik nesnel bir kalite analizi yapılmasında yine görüntü işleme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ekmeğin kalitesinin belirlenmesine yönelik literatürde yapılmış değişik çalışmalar vardır. Kamman yapmış olduğu çalışmada ekmeğin gözenekli yapısının ve bu gözeneklere ait büyüklük, düzen, gözenek duvarı kalınlığı, şekil faktörü gibi parametrelerin ekmeğin kalitesine önemli etkisi olduğunu vurgulamıştır [6]. Ursula Gonzales ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada ise, görüntü işleme tekniklerinden gri seviye eş oluşum matrisi, yakın komşuluk gri seviye fark matrisi ve spektrum bölgesinde Fourier analiz yöntemi kullanılarak 4 farklı organik ve organik olmayan un dan yapılan ekmeklerde kalite analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda organik ekmeklerin daha büyük gözeneklere sahip olduğu, bu yüzden daha heterojen ve büyük taneli bir yapıda olduğu ifade edilmiştir

[7]. Ekmeğin gözeneklerinin bölütlenmesine yönelik H.D. Sapirstein ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, oksidansız ve oksidanlı toplam 30 adet ekmeğin görüntüsüne K-means algoritması kullanılarak ekmeğin görüntü analizi yapılmış ve ekmeğe ait gözenek alanı, gözenek yoğunluğu (hücre/cm²), boşluk oranı (hücre alanını /toplam ekmeğin alanı) gibi bazı morfolometrik parametreler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar oksidanlı ekmeklerin oksidansız ekmeklere göre %6 daha parlak, %21 daha fazla gözenek yoğunluğuna, %17 daha küçük gözeneklere, %13 daha ince gözeneklere ve %16 daha fazla birbirine benzer gözeneklere sahip olduğunu göstermiştir. Fakat çalışmada başarımlı görsel olarak belirlenmiştir [8]. Francis Butler ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada ise 135 ekmeğin dilimi görüntüsüne farklı eşikleme yöntemleri kullanılarak, ekmeğin kalite analizi yapılmıştır. Analizde ekmeğin gözeneklerine ait gözenek alanı, gözenek yoğunluğu, boşluk oranı gibi özellikler hesaplanmıştır [9]. Bu çalışmada ise, DATEM katkı maddesi ile FL ve GL enzimlerinin doğrudan ekmeğin yapımlı yöntemiyle (AACC 10-10B, AACC, 2000) elde edilen ekmeklerde kaliteye etkisi belirlenmiştir. Bu amaçla görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmeğin içi gözeneklerinin bölütlenmesi temelli bir yazılım geliştirilmiştir. Oluşturulan yazılım sayesinde ekmeğin içi yapısına yönelik gözenek sayısı, gözenek yoğunluğu, toplam ekmeğin alanı, boşluk oranı (toplam gözenek alanı/toplam ekmeğin alanı), gibi morfolometrik parametreler elde edilmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, uzman gıda mühendisinin gözetiminde farklı katkı maddelerinin ekmeğin gözenek dokusunu ne şekilde etkilediği analitik olarak incelenmiştir. Bu amaçla farklı büyüklükteki gözeneklerin sayılarındaki değişimlerin gözlenmesi ve gözenek büyüklüklerine göre gruplandırılması, uzmanın deneyimine bağlı görsel analizinden kurtararak, objektif hale getirilmiştir. Bu sayede aynı gruptaki gözenekler aynı renkle gösterilerek ilgili ekmeğin dilimine bakıldığında görsel olarak ta daha iyi bir analiz yapılabilmesi mümkündür. Sonuçta ekmeğin kalitesine etki eden faktörleri belirleyebilecek başarılı bir ara yüz geliştirilmiştir. Basit, işlem yükü az olan görüntü işleme teknikleriyle, oldukça iyi başarımların elde edilmiş olması bir dezavantaj değil, hedeflenen sistemin donanıma aktarılması sürecinde bir avantaj olarak görülmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde, analizde kullanılacak ekmekler ve görüntülerinin oluşturulmasından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, görüntülerin işlenmesinde kullanılan yöntemler ve geliştirilen yazılımın alt yapısı hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde ise analiz sonucunda elde edilen bulgulara ve tartışmalara yer verilmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

2.1. Veri Kümesi (Dataset)

Çalışmada kullanılan ekmeğin kesit alan görüntüleri doğrudan ekmeğin yapımlı yöntemiyle (AACC 10-10B, AACC, 2000) elde edilmiştir [10]. Ekmeğin hazırlama içeriğine 1 kg un (%14 rutubetli) üzerinden, %3 maya, %1,5 tuz, 10 mg/kg alfa-

amilaz ve 75 mg/kg askorbik asit eklenerek başlanmıştır. Karışıma ilave edilecek su miktarı farinogafta belirlenmiş ve %62,6 oranında formülasyona su eklenmiştir. Tüm bileşenler bir yoğurucuda uygun kıvamda hamur oluşturuncaya kadar yoğrulmuş ve daha sonra 30°C'de %85 nispi nemde 30 dakika fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonrasında, hamur 10 eşit parçaya bölünerek (100 g un üzerinden), parçalar yuvarlandıktan sonra tekrar aynı koşullarda 30 dakika daha fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonunda, silindir şekline getirilmiş hamur parçaları teflon pişirme kaplarında 60 dakika gelişmeye bırakılmış ve 220 °C'de 25 dakika döner tipte bir fırında pişirilmiştir. Fırından çıkartılan ekmekler oda sıcaklığında iki saat soğumaya bırakıldıktan sonra sonar analize tabi tutulmuştur. Analiz edilecek ekmekler önce, dilimleme makinesinde 25 mm kalınlıkta kesilmiş ve her bir ekmeğin ortasındaki/merkezindeki iki dilim analizlerde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Görüntü işleme için belirlenen bu iki dilimin bir tarayıcı (CanoScan 4400F, Canon, Japan) aracılığı ile görüntüsü bilgisayara aktarılmıştır. Tarayıcının parlaklık ve kontrast parametreleri, tüm görüntüler için sıfıra ayarlanmıştır. Görüntüler, 300 DPI'da ve RGB renkli olarak BMP formatında 3508*2552 piksel olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Şekil 1'de orijinal ekmek görüntüleri gösterilmiş olup her bir görüntüde aynı konsantrasyona sahip 4 farklı ekmek dilimi görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 1. Orijinal ekmek görüntüleri (Original bread images)

Çalışmada 104 farklı ekmek görüntüsü kullanılmış ve bunların 8 tanesi kontrol grubunu oluşturmaktadır. Bu kontrol grubunu oluşturan ekmeklerin yapımında hiçbir katkı maddesi kullanılmamıştır. 32 tanesi ise DATEM katkı

maddesinin (%0,25, %0,50, %0,75, %1,00) farklı konsantrasyonundan, 32 tanesi lipopan FBG fosfolipaz (FL) enziminin (10, 20, 30, 40 mg/kg) konsantrasyonlarından ve 32 tanesi ise grindamyl glikolipaz (GL) enziminin (30, 60, 90, 120 mg/kg) konsantrasyonlarından oluşmaktadır.

2.2. Yöntemler (Methods)

Ham ekmek görüntüleri renkli olup bir resimde 4 farklı ekmek görüntüsü yer almaktadır. Öncelikle her bir ekmek görüntüsü ayrı bir görüntü olacak şekilde 104 farklı renkli ekmek görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen renkli 104 adet ekmek görüntüsü gri seviye görüntüsüne dönüştürülmüştür. Şekil 2'de örnek bir gri seviye ekmek görüntüsü gösterilmiştir.

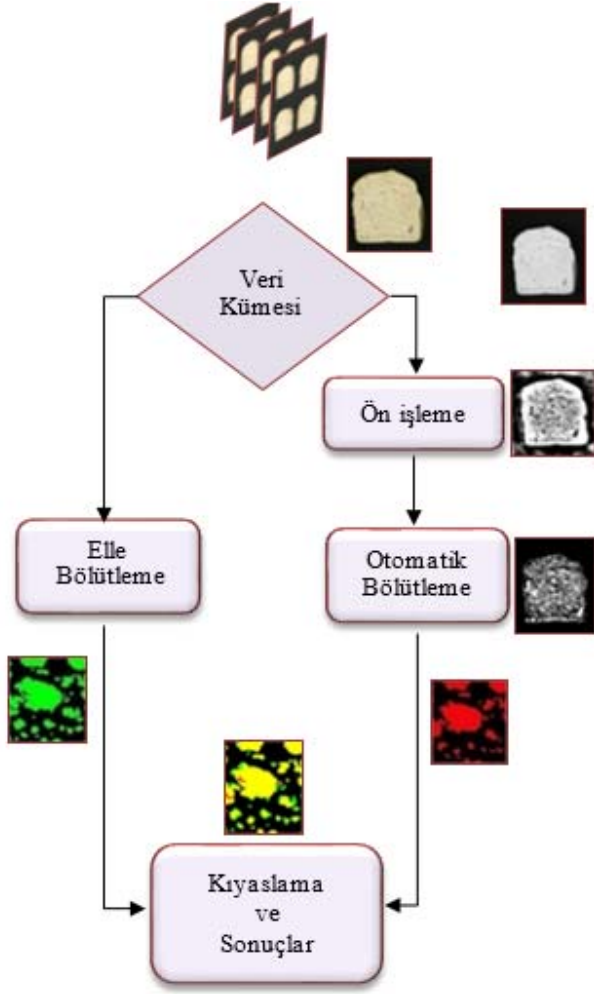


Şekil 2. Gri seviye ekmek görüntüsü (Gray level bread images)

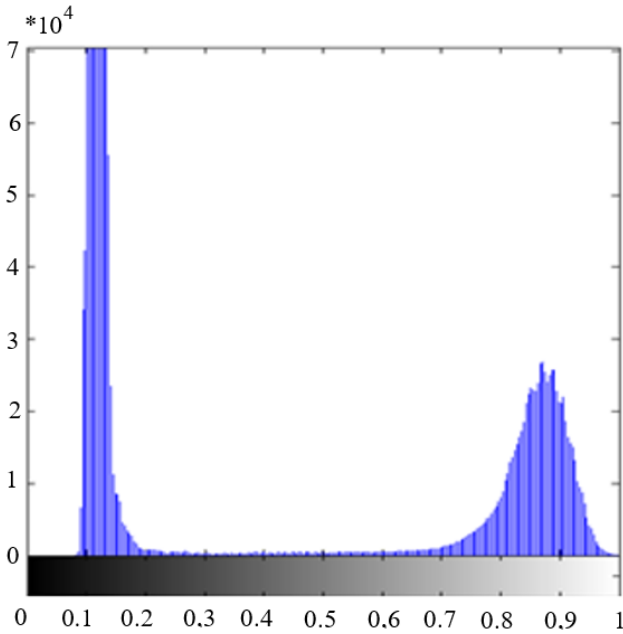
Şekil 3'te çalışmada kullanılan işlemlerin bütününi özetleyen genel akış diyagramı verilmiştir. Diyagram incelendiğinde ekmek gözeneklerinin otomatik bölütlenmesi temelli bir ekmek doku analizi için yapılan işlemler görülmektedir. Gerçekleştirilen bölütlemenin başarımı da elle belirlenen gözenek görüntüleri kullanılarak ZSI başarımla belirleme indeksine göre test edilmiştir.

2.3. Histogram Germe (Histogram Stretching)

Adaptif histogram eşitleme olarak da bilinen histogram germe işlemi düşük kontrastlı resimlere uygulanan bir yöntem olup histogramı geniş bir bölgeye yayma mantığına dayanmaktadır [11]. Ön işlemin ilk basamağını oluşturan bu yöntem sayesinde gri seviye görüntülerinin kontrastı iyileştirilmiştir. Şekil 4'teki gri seviye görüntüsünün histogramına bakıldığında grilik değerleri 0,1-0,2 ile 0,8-0,9 aralığında yoğunlaşmıştır.

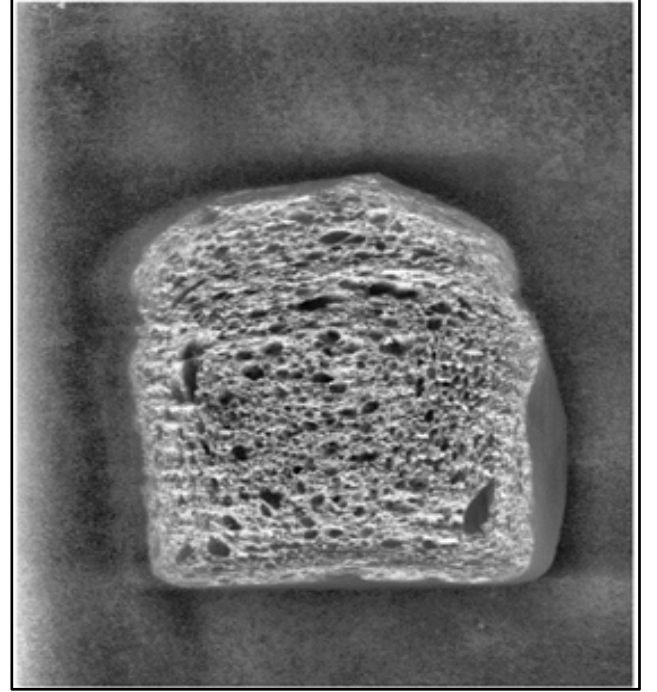


Şekil 3. Çalışmanın akış diyagramı (Flow diagram of this study)



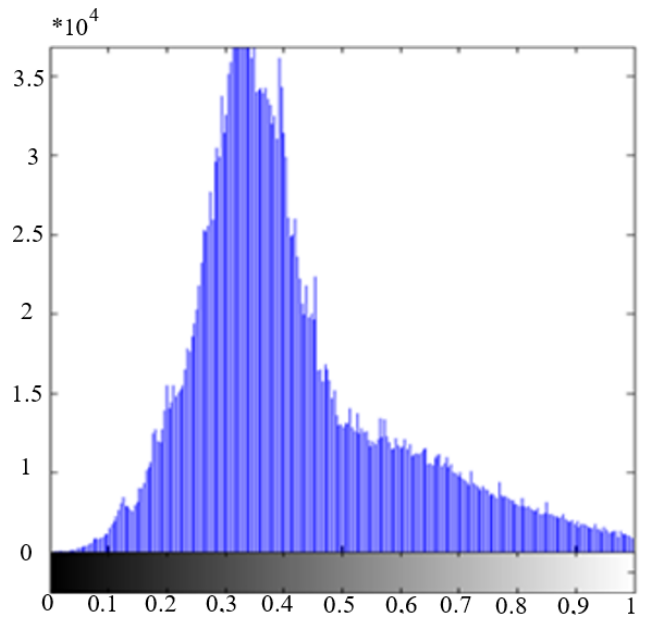
Şekil 4. Gri seviye görüntü histogramı (Gray level image histogram)

Histogram germe işlemi sonucunda Şekil 5'te görüldüğü üzere karışıklığı iyileştirilmiş görüntüde gözeneklerin belirginliği Şekil 2'de yer alan gri seviye görüntüsüne göre artmaktadır.



Şekil 5. Histogram germe uygulanmış örnek görüntü (Histogram stretching applied sample bread image)

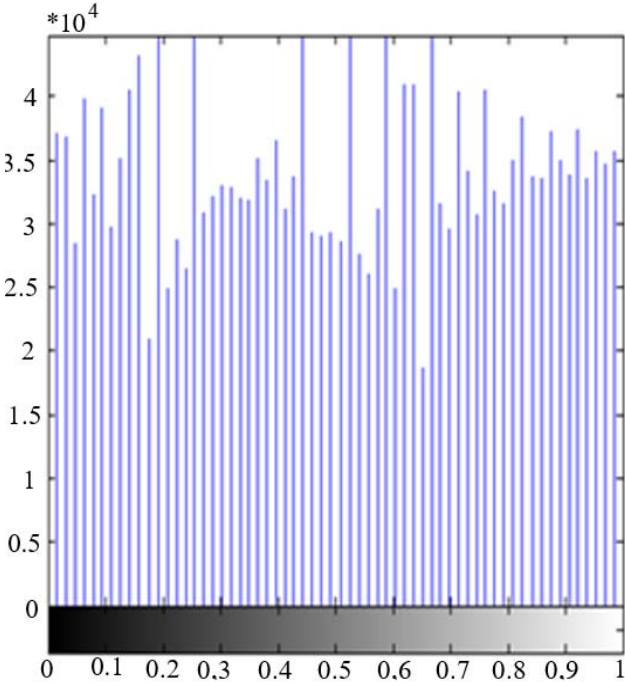
Şekil 6'da ise histogram germe işlemi sonucunda oluşan görüntü histogramını gösterilmiştir. Histogram incelendiğinde Şekil 4'te yer alan ayrı iki histogram tepesi kaybolmuştur. Piksel aralığı ise histogram boyunca yayılmıştır.



Şekil 6. Gerilmiş histogram (Stretched histogram)

2.4. Histogram Eşitleme (Histogram Equalization)

Histogram eşitleme renk değerleri düzgün dağılımlı olmayan görüntüler için uygun bir görüntü iyileştirme metodudur. Şekil 6'daki karşılığı iyileştirilmiş görüntü histogramına bakıldığında tepenin olduğu görülmektedir. Ancak histogram eşitleme işleminden sonra daha düzgün yayımlı bir histogram elde edildiği Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Eşitlenmiş histogram (Equalized histogram)

Bu işlemin uygulanması sonucunda elde edilen görüntü Şekil 8'de gösterilmiştir. Ekmek dokularının açık renkte, gözeneklerin ise koyu renkte olduğu görülmektedir. Histogram eşitleme işleminden sonra ön işleme aşaması bitmiş olup, gözeneklerin bölütlenmesiyle görüntü işleme aşamasına geçilecektir.

2.5. Gözeneklerin Otomatik Olarak Bölütlenmesi (Automatic Segmentation of the Cells)

Bu kısımda ön işlemeden geçip, işlemeye hazır hale gelen görüntüler öncelikle otsu yöntemiyle eşiklenerek ikili görüntü haline dönüştürülmüştür. Otomatik bölütlemeye kullanılan bu yöntemler Şekil 9'da özetlenmiştir.

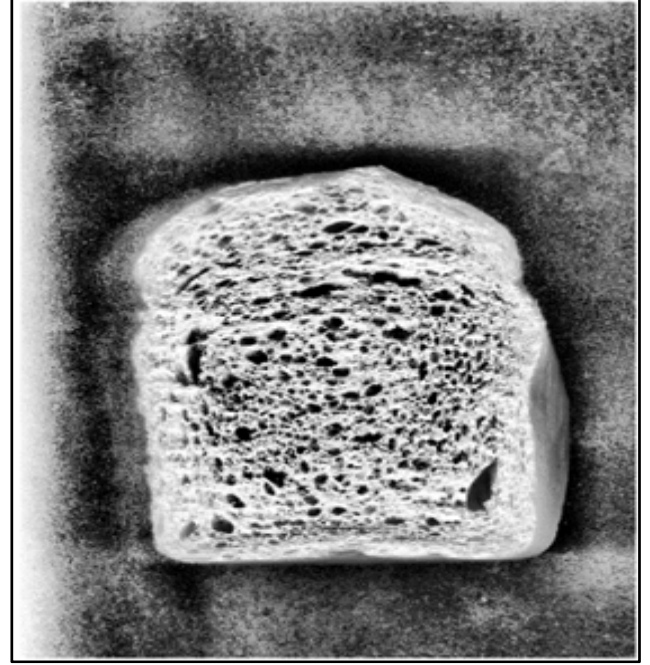
Otsu yöntemi, gri seviye görüntüler üzerinde uygulanabilen bir eşik belirleme yöntemidir. Bu yöntem kullanılırken m*n boyutlarında görüntünün arka plan ve ön plan olmak üzere iki sınıftan oluştuğu varsayımı yapılır. Eş. 1'de sınıflar arası varyans; olarak tanımlanmaktadır.

$$J(t) = \sigma_0 + \sigma_1 \quad (1)$$

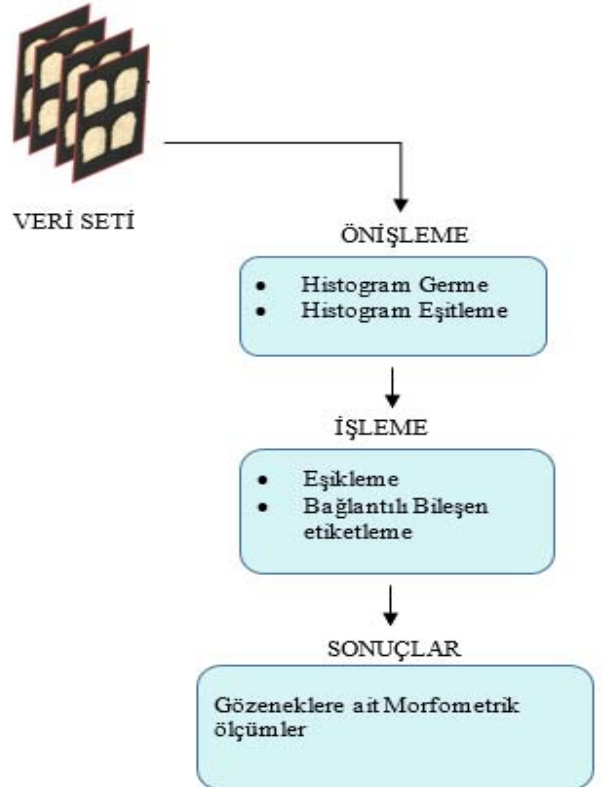
Her bir sınıfın varyansı ise;

$$\sigma_0 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 \quad \sigma_1 = \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2 \quad (2)$$

Eş. 2 ile ifade edilmektedir [12].



Şekil 8. Histogramı eşitlenmiş örnek ekmek görüntüsü (Histogram equalized sample bread image)



Şekil 9. Otomatik bölütlemeye ait akış diyagramı (Flow diagram of automatic segmentation)

Burada ω değişkenleri sınıf yoğunluklarını μ_0 ve μ_1 değişkenleri her bir sınıfın ağırlıklı ortalamalarını, μ_T ise resmin ortalamasını ifade etmektedir. Bu durumda her bir sınıfın varyansı; olarak hesaplanabilmektedir (Eş. 3, Eş. 4).

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^{t-1} p_i \quad \mu_0 = \sum_{i=0}^{t-1} p_i * X(i) \quad (3)$$

$$\omega_1 = \sum_{i=t}^{mn-1} p_i \quad \mu_1 = \sum_{i=t}^{mn-1} p_i * X(i) \quad (4)$$

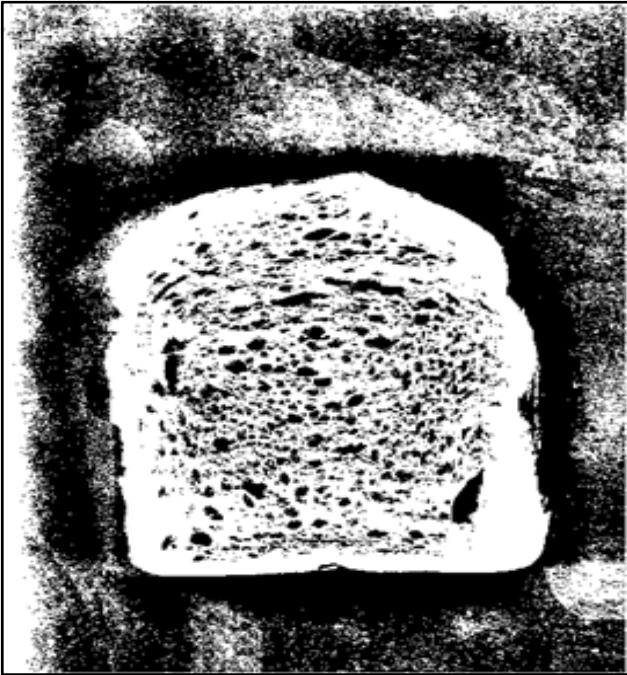
Burada p_i i tonunun gelme olasılığı $X(i)$ ise i. renk seviyesiyedir. Resmin ortalaması (Eş. 5);

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{mn-1} p_i * X(i) \quad (5)$$

olarak hesaplandığından;

$$\begin{aligned} \omega_0 \mu_0 + \omega_1 \mu_1 &= \mu_T \\ \omega_0 + \omega_1 &= 1 \end{aligned} \quad (6)$$

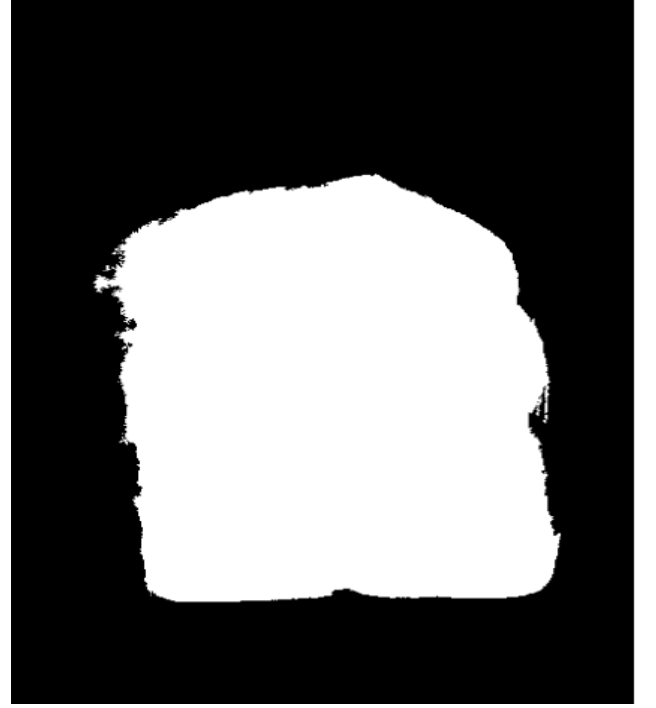
Eş. 6 her zaman sağlandığından Eş. 1'i maksimum yapan t değeri resim için eşik değeri olarak belirlenmektedir. Şekil 10'da bu şekilde elde edilmiş $t=0,47$ değeri için eşiklenmiş görüntüde gözeneklerin siyah, ekmek dokusunun ise beyaz olduğu görülmektedir.



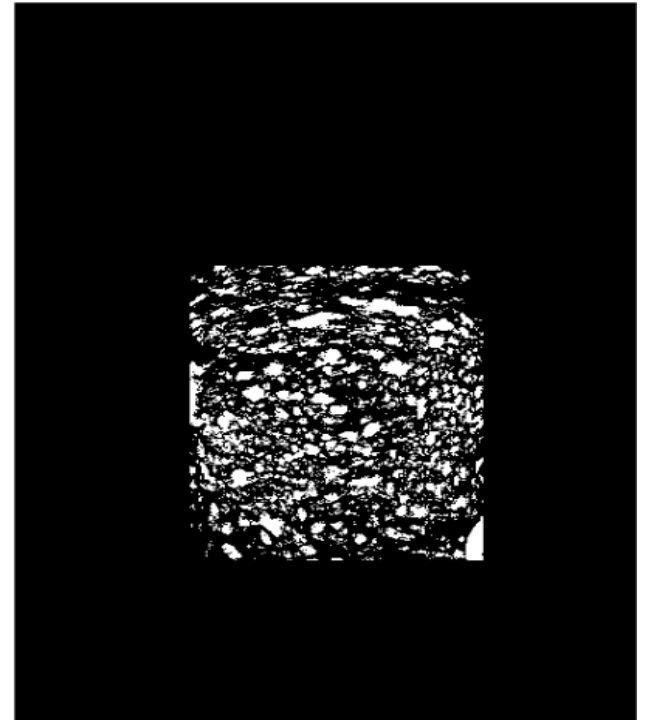
Şekil 10. Eşiklenmiş görüntü (Thresholded image)

Şekil 11'de ise gözenek içleri doldurulmuş ve en büyük bağlı bileşen yöntemi kullanılarak bölütlenmiş ekmek yüzey görüntüsü gösterilmektedir. Böylelikle ekmek dokusu arka plandan ayırt edilmiştir. Bu da üzerinde doku analizi yapacağımız ekmek yüzeyinin belirlenmesi anlamına gelmektedir. Analizin yapılacağı bölge, uzman gıda mühendisinin görüşü doğrultusunda sınırları belirlenmiş ekmeğin orta bölümünden $600*840$ piksel²'lik bir dikdörtgenel bölge olarak belirlenmiştir. Bu bölgenin

büyüklüğü tüm ekmek görüntüleri için aynı olup doku analizinin yapılacağı bölge olarak belirlenmiştir. Daha sonra, her ekmek görüntüsü için bu bölgede bulunan gözenekler bölütlenmiştir. Şekil 12'de bölütlenmiş bu dikdörtgenel bölgenin gözenek görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 11. Bölütlenmiş toplam ekmek yüzeyi (Segmented total bread mask)



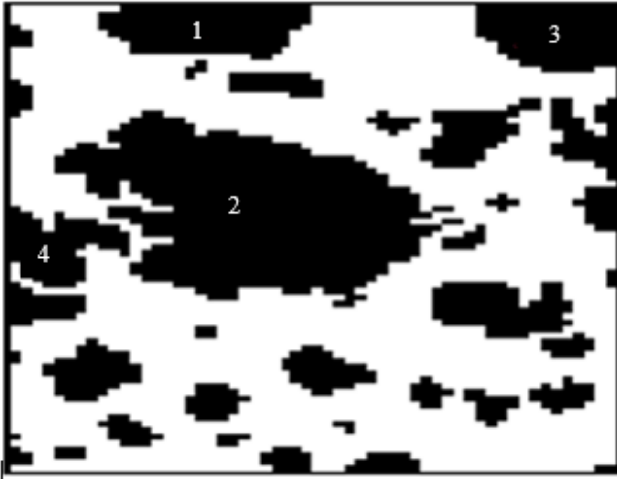
Şekil 12. Otomatik bölütlenmiş gözenek görüntüsü (Segmented bread cell image)

2.6. Bağlantılı Bileşen Etiketleme İle Gözenek Etiketleme (Cell Labeling With Connected Component Labeling)

İkili görüntü haline gelen bölütlenmiş gözenek görüntülerine Bağlantılı Bileşen Etiketleme (BBE) yöntemi uygulanmıştır. BBE siyah-beyaz görüntüler üzerine uygulanmakta olup birbiri ile 4'lü ya da 8'li komşuluğa sahip piksellerin bir grup içerisinde toplanmasını sağlayan bir işlemdir. Bu gruplama sonucunda, resim üzerindeki her bir grup bir nesneyi temsil edecek şekilde numaralandırılmaktadır. Yöntem ile görüntü üzerindeki tüm pikseller taranarak her piksele, aşağıdaki algoritma uygulanmaktadır:

```
{
Piksel Siyaha eşit değilse
-Pikselin Tüm komşularına bak (8'li komşuluk için)
-Tüm komşular siyah veya beyaz ise bu yeni bir pikseldir bu piksele yeni bir değer ata, diğer piksele geç
-Komşu piksellerden herhangi biri siyah ya da beyaz piksel ise bir önceki etiket numarasına bu pikseli kaydet
}
```

BBE sayesinde şekilce, büyüklükçe birbirinden ayrı olan gözeneklerin ortak özelliği olan birbirine bağlı aynı renk piksellerden oluşmasıdır. Böylelikle bağlı olan her bir piksel grubu bir değeri ile etiketlenmiş ve bu grubu oluşturan piksellerin koordinatları kaydedilmiştir. Bu sayede her bir gözenek ayrı bir nesne olarak algılanmakta ve bu gözeneklere ait sayı, alan, yoğunluk yuvarlaklık, şekil faktörü gibi sayısal verilere ulaşmak kolay olmaktadır. Şekil 13'te belli bir bölgede etiketlenmiş gözeneklere ait temsili bir görüntü gösterilmiştir.

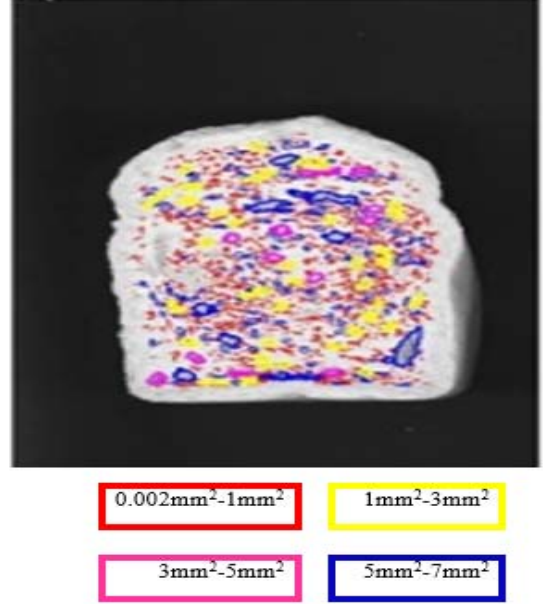


Şekil 13. Etiketlenmiş gözenek (Labelled bread cell)

2.7. Gözeneklerin Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması (Classification of Cells According to Their Size)

Yapılan çalışmada farklı büyüklükteki gözeneklerin sayılarındaki değişimlerin gözlenmesi amacıyla gözenekler $0,002\text{mm}^2-1\text{mm}^2$, $1\text{mm}^2-3\text{mm}^2$, $3\text{mm}^2-5\text{mm}^2$ ve $5\text{mm}^2-7\text{mm}^2$ olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Her bir sınıf, bir etiket grubuna dâhil edilmiştir. Böylelikle her bir gruptaki

gözeneklerin önce sınırları belirlenmiş sonra da bu sınırlara etiket grubuna göre, Şekil 14'te görüldüğü gibi, bir renk değeri atanarak otomatik olarak renklendirilmesi yapılmıştır. Bu hem bize gözeneklerin sınıflandırılması imkânı vermekte hem de görsel analiz imkânı sunmaktadır. Ayrıca farklı katkı maddeli ekmeklerde doku karşılaştırması yapmayı da kolay hale getirmektedir.



Şekil 14. Gözeneklerin büyüklüklerine göre renklendirilmesi

(Colored bread cells according to their sizes)

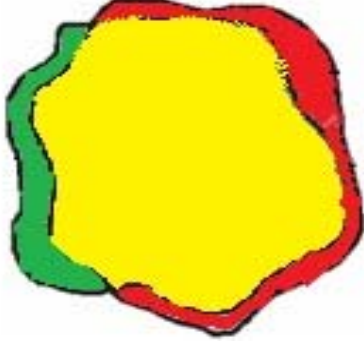
2.8. ZSI Başarım İndeksinin Belirlenmesi (Determination of Segmentation Accuracy)

Çalışmada farklı katkı maddeli tüm ekmek görüntüleri kullanılarak otomatik bölütlenen gözeneklerin, ImageJ programında bir uzman gıda mühendisi yardımıyla elle bölütlenmesi de yapılmıştır. Üzerinde çalışılan ekmek görüntülerinden, otomatik bölütleme sonucu elde edilen gözenekler ile elle bölütleme sonucu elde edilen gözenekler üst üste karşılaştırılarak ZSI başarım indeksi belirlenmiştir [13]. Bu indeksin belirlenmesinde kullanılan formülasyon Eş. 7'de gösterilmiştir.

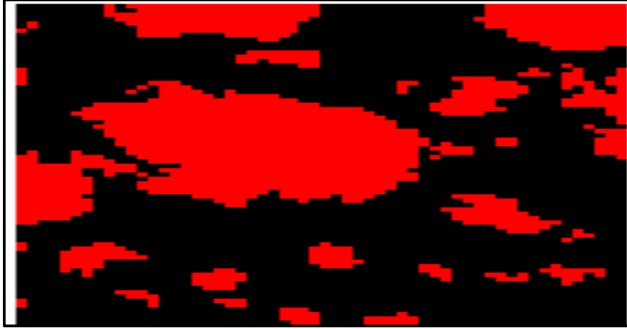
$$ZSI = \frac{2 \cdot (O \cap M)}{|O| + |M|} \quad (7)$$

Burada yer alan O harfi otomatik bölütlemeyle elde edilen alanı, M harfi ise elle bölütleme sonucu elde edilen alanı ifade etmektedir. Her iki bölütleme sonucu elde edilen alanlar ise $M \cap O$ olarak gösterilmektedir. Şekil 15'te elle ve otomatik bölütlenen alanların karşılaştırılmasına ait temsili görüntü gösterilmektedir. Şekil 16'da kırmızı renk otomatik bölütlemeyi, yeşil renk elle bölütlemeyi, sarı renk ise her iki bölütlemeye ortak bölütlenen bölgeyi göstermektedir. Şekil 17'de otomatik bölütlemenin başarımını görmek için 12 adet gözeneğe ait hesaplanan ZSI değerleri gösterilmektedir.

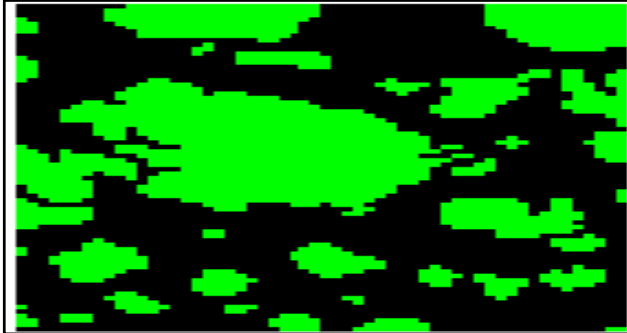
Literatürde, ZSI indeksinin 0,7'den büyük olması durumunda çalışmanın yeterli başarıma sahip olduğu ifade edilmektedir [14].



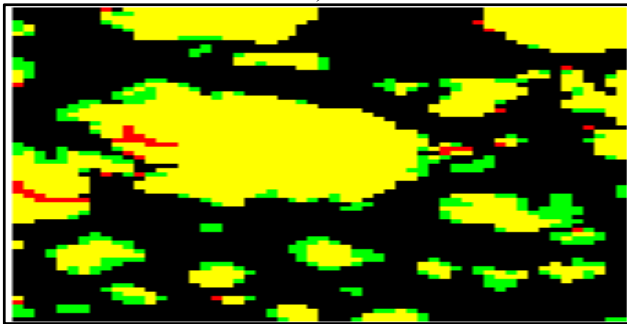
Şekil 15. Otomatik ve elle bölütleme ile elde edilen bölgeler
(The obtained regions with automatic and manuel segmentation)



a)

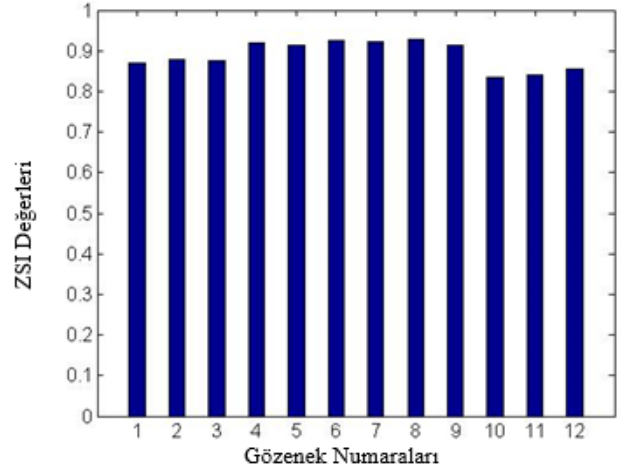


b)



c)

Şekil 16. a) Otomatik bölütleme b) Elle bölütleme c) Otomatik ve elle bölütlemenin çakıştırılması
(Intersection of manuel and automatic segmentation)

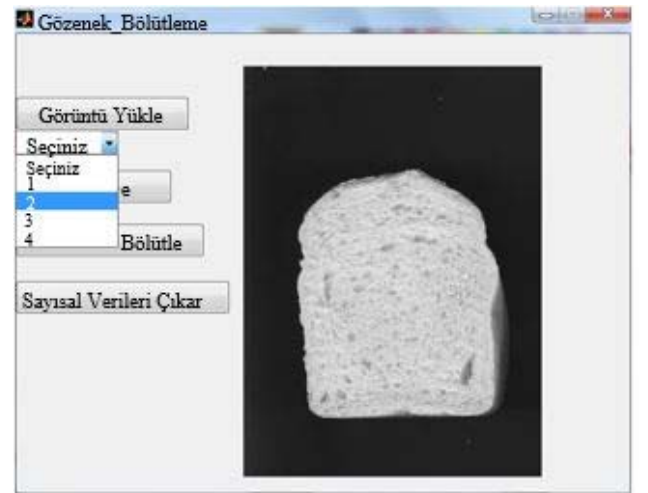


Şekil 17. 12 adet gözenek üzerinde ZSI başarıım indeksi (ZSI index values for 12 samples)

Çalışmada elde edilen başarıım değerlerinin 0,87 ile 0,93 arasında olması, önerilen yöntemlerle gerçekleştirilen bölütlemenin oldukça başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

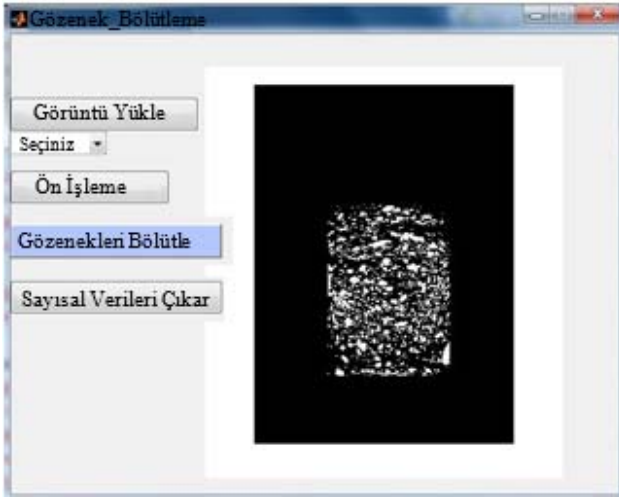
2.9. Geliştirilen Arayüz Programı (Developed Software)

Çalışmada ayrıca Matlab GUI arayüz programı kullanılarak, ekmek doku/gözenek bölütleme ve gözeneklere ait sayısal verilerin elde edilmesine yönelik bir ara yüz programı oluşturulmuştur. Programın giriş penceresinde yer alan görüntü yükle ikonundan ham ekmek görüntüleri yüklenmektedir. Daha sonra 4 farklı ekmekten biri seçilerek gri seviye görüntüsüne dönüşümü yapılmaktadır. Şekil 18'de bu işlemin yapılmış hali gösterilmektedir.



Şekil 18. Gözenek bölütleme GUI programı (Cell segmentation GUI software)

Sırasıyla ön işleme, gözenekleri bölüt ve sayısal verileri çıkar ikonları tıklanarak gözeneklere ait ölçümler ilgili dizine Excel dosyası olarak çıkartılabilmektedir. Şekil 19'da ara yüz programıyla bölütlenmiş gözenek görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 19. Bölütlenmiş gözenek görüntüsü
(Segmented cell image)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

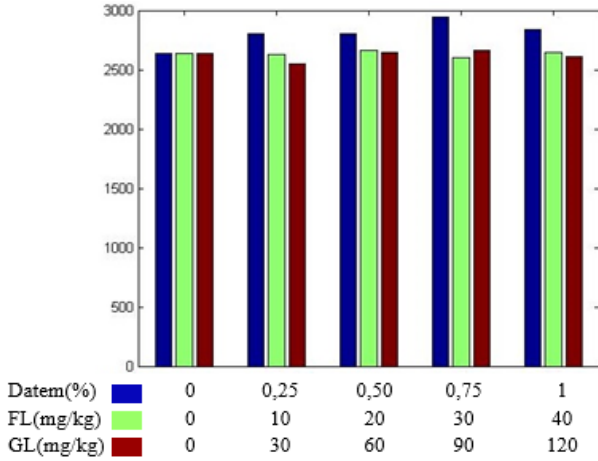
Yapılan çalışmada bölütlenen ekmek dokusuna ait toplam gözenek sayısı, toplam gözenek alanı, yoğunluk (toplam gözenek sayısı/toplam ekmek alanı), ortalama gözenek alanı (toplam gözenek alanı/toplam gözenek sayısı), boşluk oranı (toplam gözenek alanı/toplam ekmek alanı) gibi morfolojik parametreler elde edilmiştir. Kullanılan katkıının cinsine ve miktarına bağlı olarak gözeneklerde meydana gelen sayısal değişimler Tablo 1'de verilmiştir. Görüntü çözünürlüğü 300 dpi olduğundan 1mm² yaklaşık olarak 140 piksel²'ye karşılık gelmektedir. Tablo incelendiğinde DATEM gözenek sayısı ve gözenek alanını konsantrasyon miktarıyla doğru orantılı olarak arttırmaktadır. Gözenek sayısının %0,75'den sonra toplam gözenek alanının ise % 0,50'den sonra azaldığı görülmektedir. Boşluk oranı ise DATEM katkılı ekmeklerde %31, %33 seviyelerinde iken FL ve GL'li ekmeklerde bu değer %28, %29 seviyelerinde olmaktadır. Şekil 20'de

DATEM ve lipaz enzimlerinin toplam gözenek sayısı üzerindeki etkileri grafiksel olarak gösterilmiştir. DATEM'li ekmeklerdeki toplam gözenek sayısı lipazlarla kıyaslandığında daha fazla olmaktadır. Fakat bu artış DATEM'in %0,75 konsantrasyona kadar devam etmektedir. Şekil 21'de boşluk oranında meydana gelen değişim gösterilmiştir. DATEM'li ekmeklerde bu değer %31,5 ile 33 arasındayken FL'de bu değer %28-29 seviyelerinde olmaktadır. DATEM'in %0,50 ve %0,75'li konsantrasyonlarında en fazla boşluk oranı elde edilmiştir. FL için ise 30mg.kg⁻¹ konsantrasyonu ve yukarısında azalma olduğu görülmüştür. GL'nin ise boşluk oranı üzerinde ciddi bir etkisi olmadığı görülmüştür. Şekil 22'de ise DATEM ve lipazların yoğunluk üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

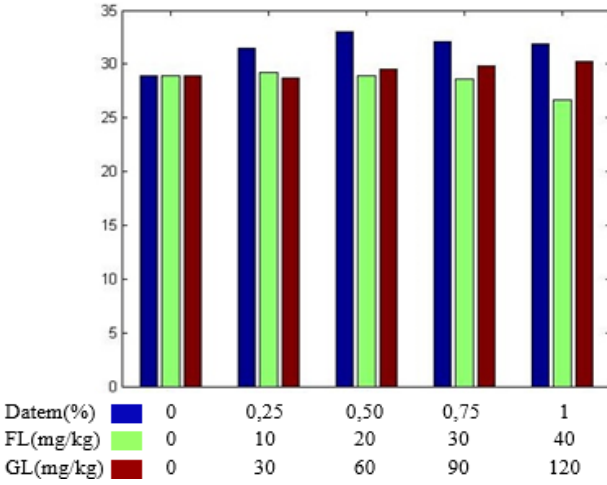
DATEM'li ekmeklerde yoğunluk 90-95/cm² seviyelerinde iken kontrol ve lipazlarda bu değer 84-85/cm² civarında olmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, fosfolipaz ve glikolipazın hamurun reolojik özelliklerini konsantrasyon miktarına bağlı olarak DATEM'e benzer şekilde olumlu yönde geliştirdiği görülmüştür. Fakat yüksek konsantrasyonlarda olumsuz etkisinin olabileceği de saptanmıştır. Bu durumda, büyük olasılıkla lipazların oluşturduğu serbest yağ asitlerinin kimyasal yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. O nedenle ekmek yapımında katkı maddelerinin en uygun konsantrasyonlarda olması büyük önem taşımaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmek gözeneklerinin morfolojik yapısının incelenmesine dayalı bir ekmek kalitesi analizinin yapılabileceğini ortaya koymaktadır. Fakat yapılan analize ilave olarak ekmeğin renginde meydana gelen değişimin gözlenmesi veya kabuk yapısının incelenmesine yönelik yapılacak bir analiz de faydalı olacaktır düşünülmektedir. Çalışmada iki adet enzimin ekmek kalitesine etkileri değerlendirilmiş ve şuan da kullanılan DATEM katkı maddesine alternatif olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Ayrıca oluşturulan yazılım ile bu alanda çalışan kimselerin farklı katkı maddelerinin ekmek kalitesi üzerindeki etkilerinin kolaylıkla incelenmesinin önü açılmış olmaktadır.

Tablo 1. Katkı maddelerinin cinsi ve miktarına bağlı olarak elde edilen parametreler
(Parameters obtained depending on the type and amount of additives)

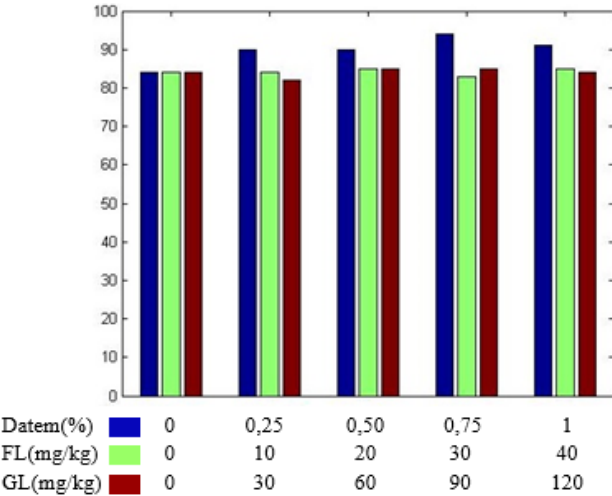
Katkı Maddesi (%, mg/kg ⁻¹)	Toplam gözenek sayısı	Yoğunluk (cm ⁻²)	Boşluk oranı (%)	Ortalama Gözenek Alanı (mm ²)	Toplam gözenek Alanı (mm ²)
Kontrol % 0	2635	84	28,87	0,340	895,586
DATEM % 0,25	2805	90	31,50	0,348	977,236
DATEM % 0,50	2807	90	32,99	0,365	1023,558
DATEM %0,75	2945	94	32,08	0,338	995,101
DATEM % 1,00	2839	91	31,88	0,348	989,311
FL 10	2623	84	29,17	0,3457	905,019
FL 20	2659	85	28,95	0,3387	898,329
FL 30	2605	83	28,63	0,3419	888,276
FL 40	2646	85	26,64	0,3124	826,403
GL 30	2550	82	28,69	0,3507	890,225
GL 60	2649	85	29,54	0,3467	916,424
GL 90	2660	85	29,82	0,3482	925,142
GL 120	2614	84	30,28	0,3613	939,480



Şekil 20. DATEM ve Enzimlerin ekmek gözenek sayısı üzerindeki etkileri
(The effects of DATEM and enzymes on the cell number)



Şekil 21. DATEM ve enzimlerin boşluk oranı üzerindeki etkileri
(The effects of DATEM and enzymes on the void fraction)



Şekil 22. DATEM ve Enzimlerin yoğunluk üzerindeki etkileri
(The effects of DATEM and enzymes on the cell density)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışmada görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmek gözenekleri bölütlenmiştir. Bu sayede ekmek doku özellikleri belirlenerek katkı maddesinin cinsine, miktarına bağlı olarak ekmek yapısında meydana gelen değişimler ve gözeneklere ait sayısal veriler elde edilerek belirlenmiştir. Tablo 1'den DATEM katkı maddeli ekmeklerin kontrol grubu ekmeklere göre daha fazla gözenek sayısı ve gözenek alanına sahip olduğu görülmektedir. Buradan da DATEM katkı maddesinin ekmek hacmini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda en fazla gözenek sayısı ve en yüksek yoğunluk değerine %0,75'li yoğunlukta ulaşıldığı görülmüştür. Ayrıca %0,50 DATEM konsantrasyonunda boşluk oranının en yüksek olduğu görülmüştür. FL katkı maddeli ekmeğin ise, 20'li konsantrasyonunun gözenek sayısı, toplam gözenek alanı ve yoğunluğunun en yüksek değerinde olduğu görülmektedir. Ancak DATEM'le kıyaslandığında bu değerlerin daha küçük kaldığı görülmüştür. GL enzimli ekmeklerin 60 ve 90'lı konsantrasyonunda gözenek sayısı ve gözenek alanını arttırdığı, 120'li konsantrasyonunda ise gözenek sayısını azalttığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar FL ve GL lipaz enzimlerinin DATEM kadar olmasa da ekmek hacmine olumlu etki yaptığını göstermiştir

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Lasztity R., The Chemistry of Cereal Proteins, CRC Press, U.S.A., 1996.
2. Altan A., Tahıl İşleme Teknolojisi, Çukurova Üniv. Ziraat Fak Ders Notları, 1986.
3. Pyler E.J., Baking Science and Technology, Sosland Publishing Company, U.S.A., 1988.
4. Sara M., Anneleen P., Jan A.D., Impact of lipases with different substrate specificity in wheat flour separation on the properties of the resultant gluten, Journal of Cereal Science, 77, 291-296, 2017.
5. Anneleen P., Jan A.D., Impact of water-extractable components from different cereals on the quality of oat bread, Journal of Cereal Science, 79 (1), 134-140, 2018.
6. Kamman P.W., Factors affecting the grain and texture of white bread. Baker's Digest 44 (2), 34-38, 1970.
7. Gonzales-Barron U. and Butler F., Discrimination of crumb grain visual appearance of organic and non-organic bread loaves by image texture analysis, Journal of Food Engineering 84 (3), 480-488, 1986.
8. Sapirstein H.D., Roller R., Bushuk W., Instrumental Measurement of Bread Crumb Grain by Digital Image Analysis, Analytical Techniques and Instrumentation, Inc, 71 (4), 383-391, 1994.
9. Butler F., Gonzales Barron U.A Comparison of Seven Thresholding Techniques with The K-Means Clustering Algorithm for Measurement of Bread-Crumb Features by Digital Image Analysis, 74 (2), 268-278, 2006.
10. AACC International, Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, Method No's: 10-10B, 44-19, St.Paul, MN, 2000.

11. Selvi E, Selver M, Kavur A, Güzeliş C, Dicle O., Segmentation of abdominal organs from mr images using multi-level hierarchical classification, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (3), 533-546, 2015.
12. Akben S.B., Alkan A., Density-based feature extraction to improve the classification performance in the datasets having low correlation between attributes, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (4), 597-603, 2015.
13. Zijdenbos A.P., Dawant B.M., Margolin R.A., Palmer A.C., Morphometric analysis of white matter lesions in MR images: Method and validation, IEEE Trans Med Imag. 13, 716–724, 1994.
14. Alkan A., Tuncer S.A., Gunay M., Comparative MR image analysis for thyroid nodule detection and quantification, Measurement, 47, 861-868, 2014.

