

Görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmek doku analizi ve arayüz programının geliştirilmesi

Turab Selçuk , Abdullah Sinan Çolakoğlu , Ahmet Alkan

Giriş

Ekmek hamurunun pişirilmesi sırasında sıcaklık etkisiyle hava kabarcıkları genişletikçe, 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 olur, kabuk yapılarında düzensiz çatlak ve yarıklar bulunur, ayrıca bu tip ekmekler kısa sürede bayatlar.

Ekmek bayatlarken; tat ve koku değişimi, sertliğin artması, ekmek kabuğunun parlaklığını yitirmesi, ekmek içi ufalanmanın artması, ekmek içinin su bağlama kapasitesinin azalması gibi fiziksel değişimler meydana gelir.

Fakat öz miktarı yetersiz olan unlara uygun miktarda katkı maddesi ilavesi yapılarak üretilen ekmeklerin raf ömrü uzar, hacmi artar, ekmek içlerinin gözenek yapıları iyileşir, dokuları ve yumuşaklıkları daha iyi hale gelir.

Yapısında yağ bulunduran bir katkı maddesi olan DATEM beyaz ekmek, galeta gibi mayalı hamurlar başta olmak üzere bir çok un karışımında kullanılır. Yapısında bulunan yağlar gözenekleri çevreleyip hava geçişini engellediğinden, ekmeğin gözenekli yapı olarak hacim kazanmasını sağlar. Bu yüzden ekmek içi doku dağılımının belirlenmesi, gerek ekmeğin bayatlama süresinin değerlendirilmesinde, gerek ekmek kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir

Ekmek kalitesinin belirlenmesine yönelik literatürde yapılmış değişik çalışmalar vardır:Kamman, Gonzales ve arkadaşlarının

yapmış oldukları, H.D. Sapirstein ve arkadaşlarının yapmış oldukları, Francis Butler ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmalar bunlara örnek verilebilir araştırmalara detaylı olarak bakmak isteyenler bölüm sonundan bu araştırmaların bağlantılarına ulaşabilir.

Bu çalışmada ise, DATEM katkı maddesi ile FL ve GL enzimlerinin doğrudan ekmek yapım yöntemiyle elde edilen ekmeklerdeki kaliteye etkisi belirlenmiştir.

Oluşturulan yazılım sayesinde ekmek içi yapısına yönelik gözenek sayısı, gözenek yoğunluğu, toplam ekmek alanı, boşluk oranı¹ gibi morфометrik parametreler elde edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, uzman gıda mühendisinin gözetiminde farklı katkı maddelerinin ekmek 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 kurtarılarak, objektif hale getirilmiştir. Bu sayede aynı gruptaki gözenekler aynı renkle gösterilerek ilgili ekmek dilimine bakıldığında görsel olarak daha iyi bir analiz yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir.

Sonuçta basit, işlem yükü az olan görüntü işleme teknikleriyle, oldukça iyi başarımların elde edilmiş ve ekmek kalitesine etki eden faktörleri belirleyebilecek başarılı bir ara yüz geliştirilmiştir.

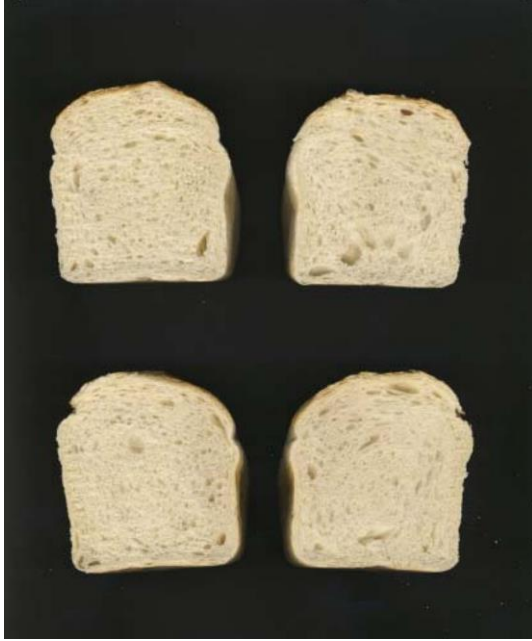
2. DENEYSEL METOT

Çalışmada kullanılan ekmek kesit alan görüntüleri doğrudan ekmek yapım yöntemiyle elde edilmiştir. Ekmeğin hazırlanışı²

Analiz edilecek ekmekler önce, dilimleme makinesinde 25 mm kalınlıkta kesilmiş ve her bir ekmeğin merkezindeki iki dilim analizlerde

kullanılmak üzere ayrılmıştır. Görüntü işleme için belirlenen bu iki dilimin bir tarayıcı 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.

Aşağıdaki resimde aynı konsantrasyona sahip 4 farklı ekmek bulunmaktadır



Şekil 1. Orjinal ekmek görüntüleri

Çalışmamızda 104 farklı ekmek görüntüsü kullanılmıştır ve bunların 8 tanesi kontrol grubunu oluşturmaktadır. Kontrol grubunu oluşturan ekmeklerin yapımında hiçbir katkı maddesi kullanılmamıştır. 32 tanesi ise DATEM katkı maddesinin farklı konsantrasyonlarından³, 32 tanesi lipopan FBG fosfolipaz (FL) enziminin farklı konsantrasyonlarından⁴ ve 32 tanesi ise grindamyl glikolipaz (GL) enziminin farklı konsantrasyonlarından⁵ oluşmaktadır

Yöntemler

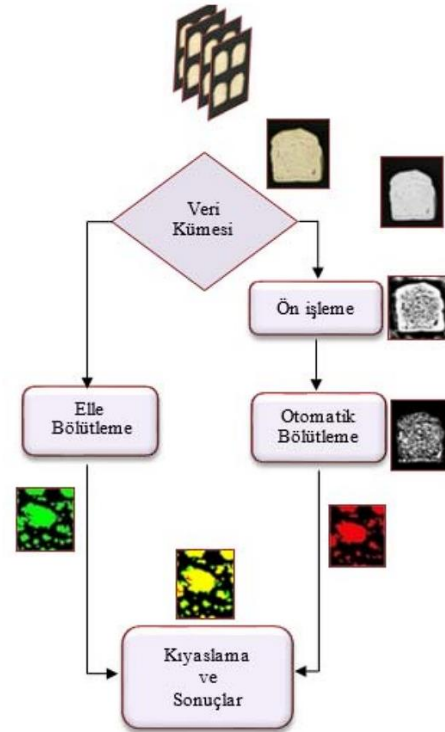
Öncelikle her bir ekmek görüntüsü ayrı bir görüntü olacak şekilde 104 farklı renkli ekmek görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra elde

edilen renkli ekmek görüntüleri gri seviye görüntüye dönüştürülmüştür. Aşağıda örnek bir gri seviye görüntü gösterilmektedir



Şekil 2. Gri seviye ekmek görüntüsü

Şekil 3'te de çalışmada kullanılan işlemlerin bütününi özetleyen genel akış diyagramı verilmiştir.



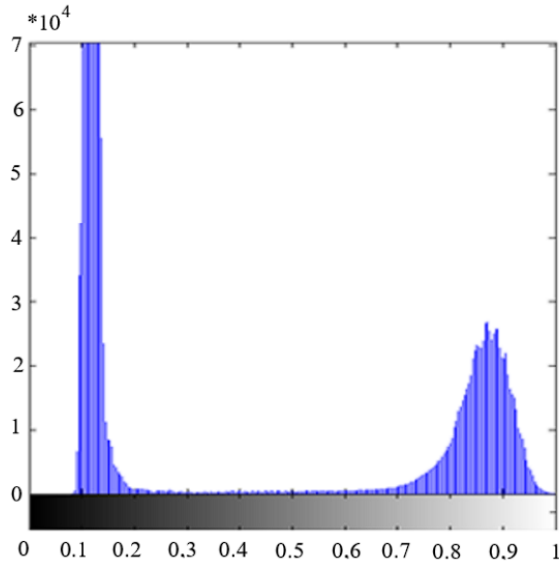
Şekil 3. Çalışmanın akış diyagramı

Histogram Germe

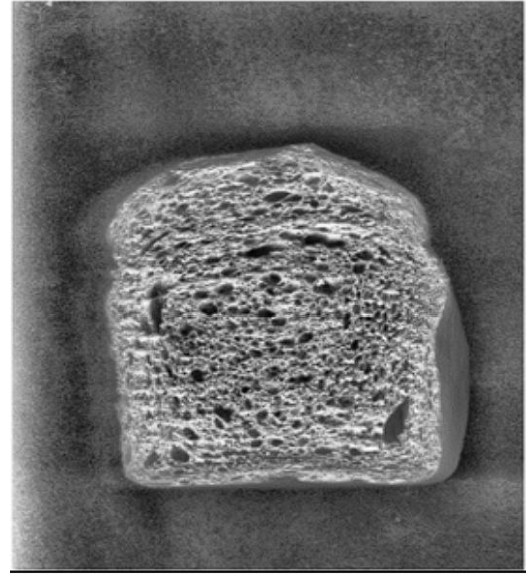
Adaptif histogram eşitleme olarak da bilinen histogram germe işlemi, düşük kontrastlı resimlere uygulanan bir yöntem olup histogramı geniş bir bölgeye yayma mantığına dayanmaktadır. Ön işlemenin ilk basamağını oluşturan bu yöntem sayesinde gri seviye görüntülerinin kontrastı iyileştirilmiştir. Şekil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

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

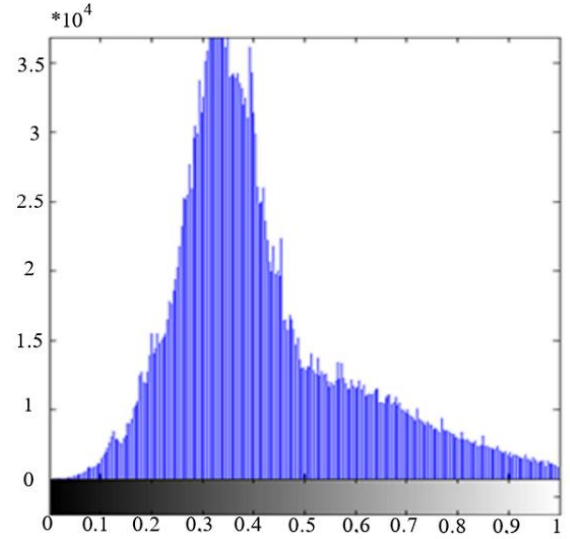
Şekil 6'da ise histogram germe işlemi sonucunda oluşan görüntü histogramı gösterilmiştir. Histogram incelendiğinde Şekil 4'te yer alan ayırık iki histogram tepesi kaybolmuştur. Piksel aralığı ise histogram boyunca yayılmıştır.



Şekil 4. Gri seviye görüntü histogramı



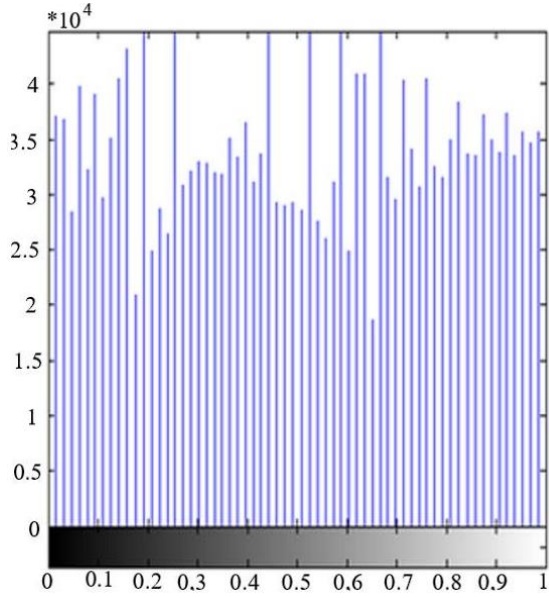
Şekil 5. Histogram germe uygulanmış örnek görüntü



Şekil 6. Gerilmiş histogram

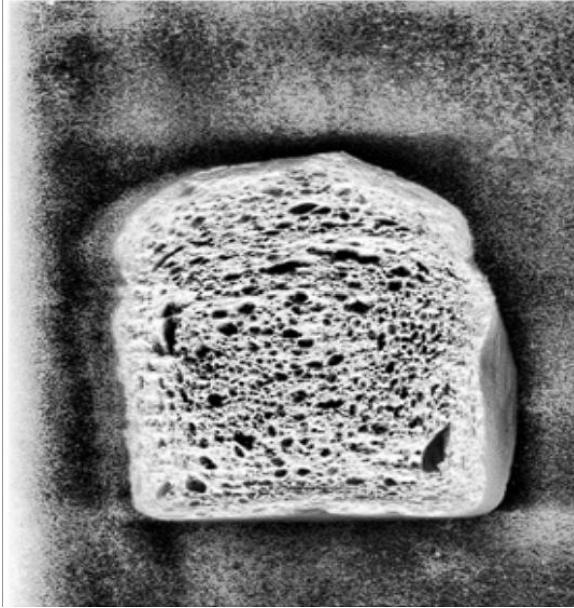
Histogram Eşitleme

Histogram eşitleme renk değerleri düzgün dağılımlı olmayan görüntüler için uygun bir görüntü iyileştirme metodudur. Şekil 6'daki karışıklığı 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

Bu işlemin uygulanması sonucunda ekmek dokularının açık renkte, gözeneklerin ise koyu renkte olduğu Şekil 8’de görülmektedir.

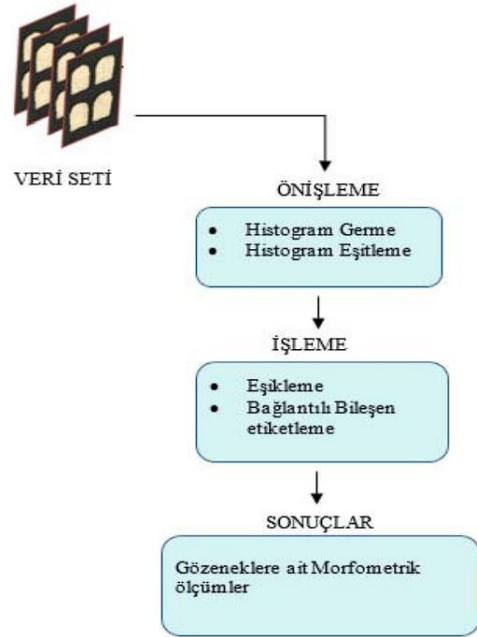


Şekil 8. Histogramı eşitlenmiş örnek ekmek görüntüsü

Gözeneklerin Otomatik Olarak Bölütlenmesi

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.



Şekil 9. Otomatik bölütlemeye ait akış diyagramı

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 olup ekmeğin orta bölümünden 600*840 piksel2’lik bir dikdörtgensel bölge olarak belirlenmiştir.



Şekil 11. Bölütlenmiş toplam ekmek yüzeyi

Bağlantılı Bileşen Etiketleme İle Gözenek Etiketleme

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:

{

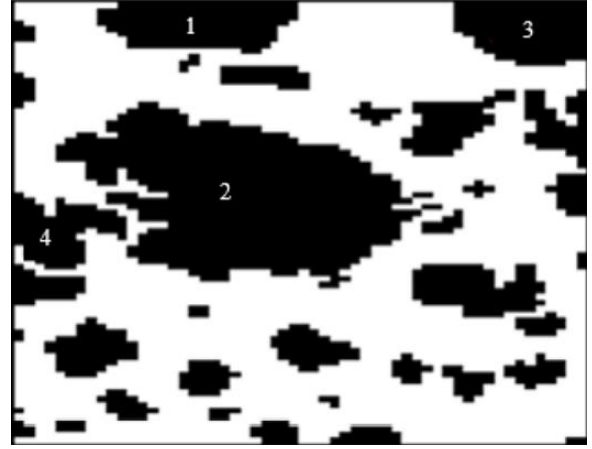
Piksel Siyaha eşit değilse

-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

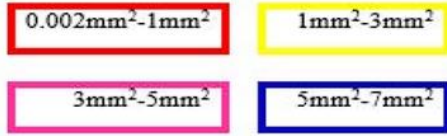
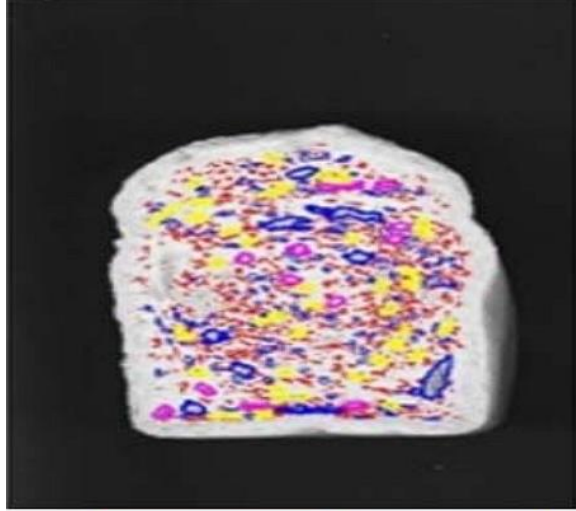
Böylelikle bağlı olan her bir piksel grubu bir değer ile etiketlenmiş ve bu grubu oluşturan piksellerin koordinatları kaydedilmiştir. Bu sayede her bir gözenek ayrı bir nesne olarak algılanmakta ve bu gözeneklere ait sayı, alan, yoğunluk yuvarlaklık, şekil faktörü gibi sayısal verilere ulaşmak kolay olmaktadır. Şekil 13'te belli bir bölgede etiketlenmiş gözeneklere ait temsili bir görüntü gösterilmiştir.



Şekil 13. Etiketlenmiş gözenek

Gözeneklerin Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması

Yapılan çalışmada farklı büyüklükteki gözeneklerin sayılarındaki değişimlerin gözlenmesi amacıyla gözenekler 4 sınıfa⁶ 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

ZSI Başarım İndeksinin Belirlenmesi

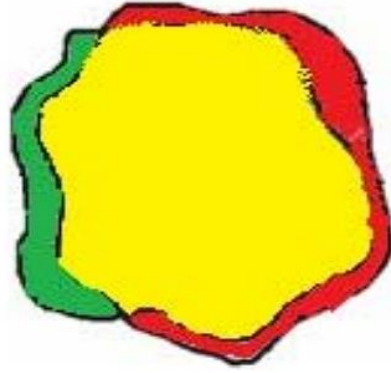
Çalışmada farklı katkı maddeli tüm ekmek görüntüleri kullanılarak otomatik bölütlenen gözeneklerin, ImageJ programında bir uzman gıda mühendisi yardımıyla elle bölütlenmesi de yapılmıştır. Üzerinde çalışılan ekmek görüntülerinden, otomatik bölütleme sonucu elde edilen gözenekler ile elle bölütleme sonucu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

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

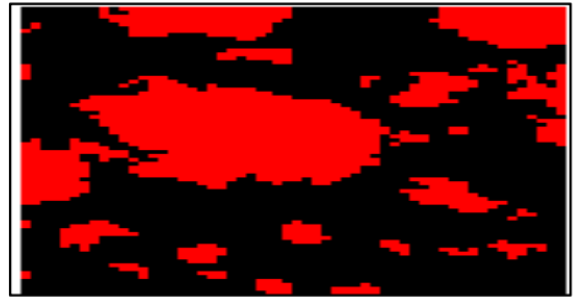
O: Otomatik bölütlemeyle elde edilen alan
M: Elle bölütleme sonucu elde edilen alan

Her iki bölütleme sonucu elde edilen alanlar ise MnO olarak gösterilmektedir.

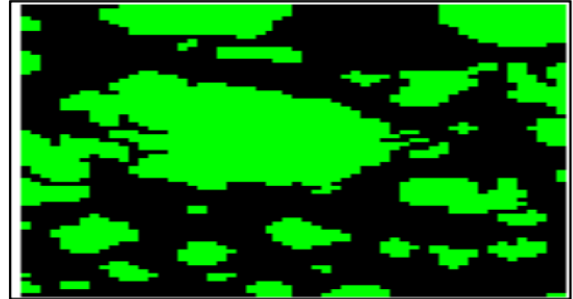
Şekil 15'te elle ve otomatik bölütlenen alanların çakıştırılmasına ait temsili görüntü gösterilmektedir.



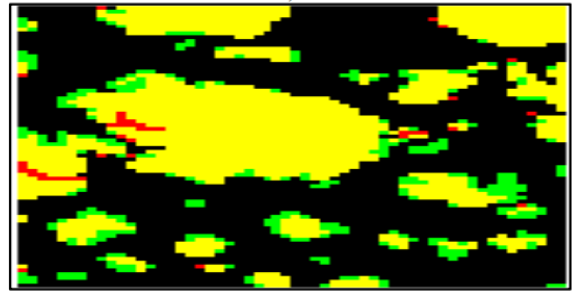
Şekil 15. Otomatik ve elle bölütleme ile elde edilen bölgeler



a)



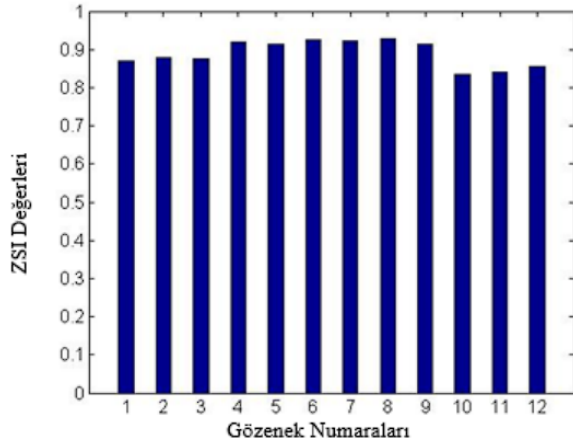
b)



c)

Şekil 16. a) Otomatik bölütleme b) Elle bölütleme c) Otomatik ve elle bölütlemenin çakıştırılması

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

Çalışmada elde edilen başarımların 0,87 ile 0,93 arasında olması, önerilen yöntemlerle gerçekleştirilen bölütlemenin oldukça başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Yapılan çalışmada bölütlenen ekmek dokusuna ait toplam gözenek sayısı, toplam gözenek alanı, yoğunluk, ortalama gözenek alanı, boşluk oranı gibi morfolometrik parametreler elde edilmiştir. Kullanılan katkının cinsine ve miktarına bağlı olarak gözeneklerde meydana gelen sayısal değişimler Tablo 1’de verilmiştir.

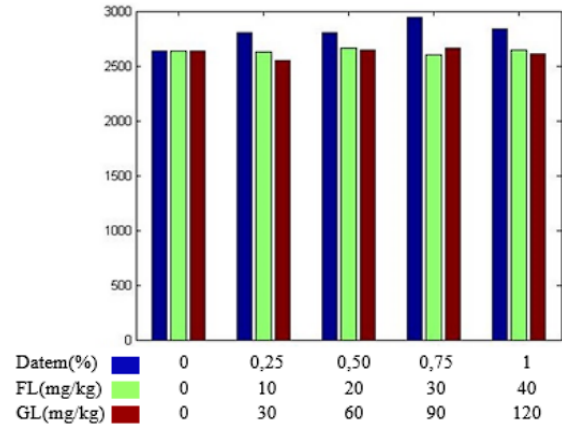
Tablo 1. Katkı maddelerinin cinsi ve miktarına bağlı olarak elde edilen parametreler
(Parameters obtained depending on the type and amount of additives)

Katkı Maddesi (%, mg/kg ⁻¹)	Toplam gözenek sayısı	Yoğunluk (cm ⁻³)	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

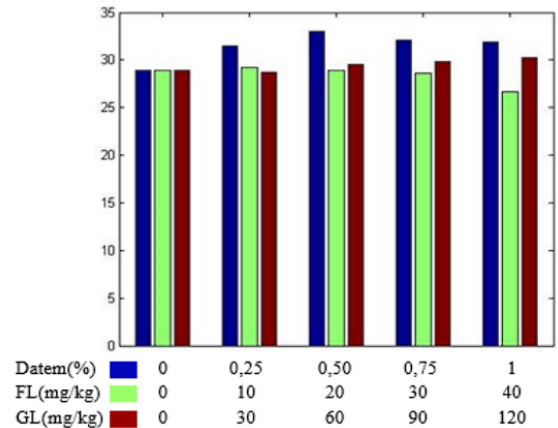
Tablo incelendiğinde DATEM gözenek sayısı ve gözenek alanını konsantrasyon miktarıyla doğru orantılı olarak arttırmaktadır. Gözenek sayısının

%0,75’den sonra toplam gözenek alanının ise % 0,50’den sonra azaldığı görülmektedir.

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.

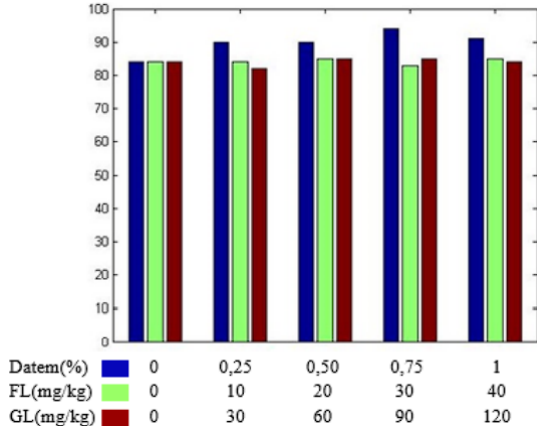


Şekil 20. DATEM ve Enzimlerin ekmek gözenek sayısı üzerindeki etkileri



Şekil 21. DATEM ve enzimlerin boşluk oranı üzerindeki etkileri

Şekil 22’de ise DATEM ve lipazların yoğunluk üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 22. DATEM ve Enzimlerin yoğunluk üzerindeki etkileri

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, fosfolipaz ve glikolipazın hamurun reolojik özelliklerini konsantrasyon miktarına bağlı olarak DATEM’e benzer şekilde olumlu yönde geliştirdiği görülmüştür.

Çalışmada elde edilen sonuçlar, görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekmek gözeneklerinin morfolojik yapısının incelenmesine dayalı bir ekmek kalitesi analizinin yapılabileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada iki adet enzimin ekmek kalitesine etkileri değerlendirilmiş ve şuan da kullanılan DATEM katkı maddesine alternatif olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır.

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.

Elde edilen sonuçlar FL ve GL lipaz enzimlerinin DATEM kadar olmasa da ekmek hacmine olumlu etki yaptığını göstermiştir

Açıklamalar

¹ Boşluk Oranı: Toplam Gözenek Alanı/Toplam Ekmek Alanı

² 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

³ %0,25, %0,50, %0,75, %1,00

⁴ 10, 20, 30, 40 mg/kg

⁵ 30, 60, 90, 120 mg/kg

⁶ 0,002mm² -1mm² , 1mm² -3mm² , 3mm² -5mm² ve 5mm² - 7mm²

Kamman P.W., Factors affecting the grain and texture of white bread. Baker's Digest 44 (2), 34-38, 1970

Gonzales-Barron U. and Butler F., Discrimination of crumb grain visual appearance of organic and nonorganic bread loaves by image texture analysis, Journal of Food Engineering 84 (3), 480-488, 1986.

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.

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.