

FARKLI FIRINLARDA PIŞİRİLEN VE FARKLI FORMÜLASYONLARA SAHİP KEKLERİN GÖZENEKLİLİK VE GÖZENEK BOYUTU DAĞILIMLARININ GÖRÜNTÜ ANALİZ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF PORE AREA AND PORE SIZE DISTRIBUTION OF CAKES WITH DIFFERENT FORMULATIONS BAKED IN DIFFERENT OVENS BY IMAGE ANALYSIS

Özge ŞAKIYAN DEMİRKOL^{1*}, Gülüm ŞUMNU², Serpil ŞAHİN²

¹Selçuk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

²ODTÜ, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş tarihi: 08.11.2007

ÖZET: Bu çalışmada farklı formülasyonların ve fırınların, keklerin gözeneklilik ve gözenek boyutu dağılımı üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Gözenek alanının ve gözenek boyutu dağılımının değişimi görüntü analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Kekler mikrodalga ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırınlarda pişirilmiştir. Karşılaştırma için, kekler konvansiyonel fırında da pişirilmiştir. Farklı formülasyonlar olarak, yağ ikameleri, emülgatörler ve farklı yağ içerikleri (% 0 ve % 25) kullanılmıştır. Bütün pişirme yöntemleri için gözenek alanı oranı ve hacim indeksi verilerinin formülasyona bağlı olduğu bulunmuştur. Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen kek örnekleri için formülasyona malto dekstrin eklenmesinin daha düzgün bir yapıya neden olduğu gözlenmiştir. Protein bazlı bir yağ ikamesi olan Simplese™ içeren kekler mikrodalga ve kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirildiklerinde gözeneklilik değerleri yüksek bulunmuş ve aynı zamanda çok büyük gözeneklere sahip bir yapı elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kek, görüntü analizi, gözenek boyutu dağılımı, mikrodalga, kızıl ötesi

ABSTRACT In this study, it was aimed to investigate the effects of different formulations and ovens on percent of pore area and pore size distribution of cakes. Variation of pore area and pore size distribution was determined by image analysis. Cakes were baked in microwave and infrared-microwave combination oven. For comparison, cakes were also baked in conventional oven. As different formulations, fat replacers, emulsifiers and different fat contents (0 % and 25 %) were used. Percent of pore area and volume index for all types of baking schemes were found to be dependent on the formulation. It was found that addition of malto dextrin to the formulation resulted in a more uniform structure for cakes baked in infrared-microwave combination. Cakes containing Simplese™ which is a protein based fat replacer, baked in microwave and infrared-microwave combination oven were found to be the most porous cakes and had the largest pores.

Keywords: Cake, image analysis, pore size distribution, microwave, infrared

GİRİŞ

Ürünün türü, önışlem ve işlem şartları gıda matrisinin gözenek boyutunu, geometrisini veya şeklini ve gözenek boyutu dağılımını etkiler. Katı gıda matrisindeki gözeneklilik ve gözenek boyutu dağılımı gıdanın mekanik, yapısal ve duyuşal özelliklerini etkilemektedir (1, 2, 3).

Literatürde pişmiş ürünlerin gözenekli ortam olarak ele alındığı çalışmalar oldukça kısıtlıdır (4, 5, 6). Datta ve ark. (4) farklı fırınlarda pişirilen ekmeklerin gözenek boyutu dağılımları üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada sıvı ekstrüzyon gözenek ölçeri, görüntü analizi, hacim yer değiştirme ve taramalı elektron mikroskopu metodu kullanılmıştır.

* E-posta : osakiyan@selcuk.edu.tr

Bilgisayar ya da makine görüntü analizi, bilgisayarlarca ya da başka aletlerce gerçek bir görüntünün yakalanıp analiz edilmesi prensibine dayanan yeni bir teknolojidir. Görüntü işleme ve görüntü analizi bilgisayar görüntü analizi teknolojisinin temelini oluşturur (7).

Görüntü analizi ilgilenilen alanda nesnelerin arka fondan ayıklanması sonucu kantitatif olarak bilgi elde etme işlemidir. Bu elde edilen bilgi müteakip kontrol sistemlerinde karar verme aşamasında kullanılır. Bilgisayar görüşü sistemleri gıda endüstrisinde çoğunlukla kalite güvence amacıyla kullanılmaktadır. Bilgisayarla görüntü analizi son yıllarda et, balık, pizza, peynir ve ekmeğin yapısal özelliklerinin karakterizasyonunda başarıyla kullanılmıştır (8). Tan (9) bilgisayar görüşü metodunu etin kalitesinin değerlendirilmesinde kullanmıştır. Bazı uygulamaların sonuçları renkli görüntü işleme metodunun etin kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek faydalı bir teknik olduğunu göstermiştir. Kılıç ve ark. (10) fasulyelerin boyutlarına ve renklerine göre sınıflandırılması için bir bilgisayar görüş sistemi geliştirmiştir.

Gıda ürünlerinde görüntü oldukça önemli bir kalite özelliğidir. Görüntü ürünün tadı ile ilişkilendirilebilir. Bu açıdan bakıldığında tüketicilerin görsel anlayışı üzerine etkili olması kaçınılmazdır. Böylece alım olayında bir potansiyel oluşturur. Scott (11) tepe noktasının eğimini ve yüksekliğini analiz ederek pişirilmiş ekmeğin somunlarının kusurlarını ölçen bir sistem tanımlamıştır. Ekmeğin ve kekin iç yapıları da makine görüntü analizi kullanılarak incelenmiştir (12). Sahi ve Alava (6) emülgatörün kek hamurundaki kabarcık boyutu üzerine etkilerini optik mikroskop ve video kamera ile incelemiştir. Kocer ve ark., (13) polidekstroz ikamesinin kek hamuru yapısı üzerine etkisini belirleyebilmek için görüntü analizi tekniğini kullanmışlardır ve formülasyonlar arasında farklılıklar olduğunu bulmuşlardır.

Mikrodalga ve konvansiyonel fırınların ısıtma mekanizmaları farklı olduğundan, farklı fırınlarda pişirilen keklerin gözeneklilik ve gözenek boyutu dağılımlarının farklı olması beklenmektedir. Ancak, literatürde bu alanda hiç çalışma yoktur. Bu çalışmada, farklı formülasyonların keklerin gözeneklilik değerlerine ve gözenek boyutu dağılımlarına etkilerinin görüntü analizi yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca mikrodalga, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda pişirilen keklerin gözenek boyutu dağılımları karşılaştırılmıştır. Son olarak, kek örneklerinin hacim indeksi ve gözenek alanı verileri arasındaki korelasyonun belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan un (% 27 ıslak gluten, % 0.65 kül ve % 13.5 nem içeren) Ankara Un A.Ş.'den temin edilmiştir. Şeker, yağsız süt tozu, yağ, tuz ve kabartma tozu yerel bir marketten alınmıştır. Yumurta beyazı tozu ise Kitchen Crafts, Inc. (ABD)'den temin edilmiştir. Lesitin, soya proteini, mono-di gliseridler ve nebati gamlardan oluşan Purawave™ Puratos (Belçika) firmasından, yağsız soya fasülyesi lesitini, buğday unu ve hidrojenle zenginleştirilmiş nebati yağlardan oluşan Lecigran™ ise Cargill (Minneapolis, ABD) firmasından elde edilmiştir. Nişastanın hidrolizi sonucu oluşan ürünlerden biri olan ve DE değeri 20'den düşük olan malto dekstrin Sigma (Taufkirchen, Almanya) firmasından alınmıştır. Büyük çoğunlukla peynir altı suyu ihtiva eden Simplex™ Cp Kelco (Atlanta, ABD) firmasından temin edilmiştir.

Kek hamurunun hazırlanışı

Kek hamuru % 100 kek unu, % 100 şeker, % 12 yağsız süt tozu, % 9 yumurta beyazı tozu, % 3 tuz, % 5 kabartma tozu ve % 90 su içermektedir. Yüzdeler un bazındadır. Formülasyona ayrıca % 25 oranında yağ ya da yağ ikamesi eklenmiştir. Emülgatör olarak Purawave™ (Puratos, Belçika) veya Lecigran™ (Cargill, ABD) kullanılmış ve karışıma % 3 oranında eklenmiştir. Yağ ikamesi olarak malto dekstrin (Sigma, Almanya) veya Simplex™ (Cp Kelco, ABD) kullanılmıştır. Kontrol kek formülasyonları yağ, yağ ikamesi ya da emülgatör içermeyecektir.

mektedir. Kek hamuru hazırlanışı sırasında ilk önce bütün kuru bileşenler karıştırılmıştır. Başka bir kabın içerisinde eritilip soğutulmuş olan yağ, şeker ve yumurta beyazı tozu bir mikser (Toaster, 1776CAN, Çin) yardımı ile 1 dakika boyunca düşük hızda karıştırılmıştır. Bu karışıma önceden hazırlanan kuru bileşen karışımı ve su eklenmiştir. Bu işlem sonrasında karışım 1 dakika düşük hızda, 1 dakika orta hızda, ve daha sonra 2 dakika daha düşük hızda karıştırılmıştır.

Pişirme işlemi

Hem mikrodalga ile pişirme işlemi için hem de kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonu ile pişirme işlemi için Advantium™ fırın (General Electric Company, Louisville, KY, ABD) kullanılmıştır. Advantium™ fırının iç boyutları, eni, boyu ve derinliği sırasıyla 21, 48 ve 33 cm'dir. Mikrodalga ile pişirme işlemi için sadece mikrodalga gücü çalıştırılmıştır. Kullanılan fırının mikrodalga gücü IMPI 2 litre testi uygulanarak 706 W bulunmuştur (14). Hazırlanan farklı formülasyonlardaki kek hamurları mikrodalga ile pişirme işlemi için % 50 güçte çalıştırılan mikrodalga fırında beş farklı zamanda (120, 135, 150, 165 ve 180 s), kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonu ile pişirme işlemi için ise alt ve üst halojen lamba güçleri %60, mikrodalga gücü ise % 50 oranında çalıştırılarak beş farklı zamanda (210, 240, 270, 300 ve 330 s) pişirilmiştir. Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonu ile pişirme sırasında fırın içindeki nem oranının istenilen düzeyde tutulabilmesi için iki arka köşeye 400 ml su içeren iki beher yerleştirilmiştir. Konvansiyonel pişirme işlemi için ise mutfak tipi bir fırın (Arcelik, Türkiye) kullanılmıştır. Kekler 175 °C'de dört farklı zamanda (22, 24, 26 ve 28 dakika) pişirilmiştir. Her pişirme işlemi için fırın içine yalnızca bir kek örneği (100 g) konulmuştur.

Hacim indeksi

Keklerin hacim indeksi değerleri AACC metodu 10-91 (15) kullanılarak bulunmuştur.

Gözenek alanı ve gözenek boyutu dağılımı

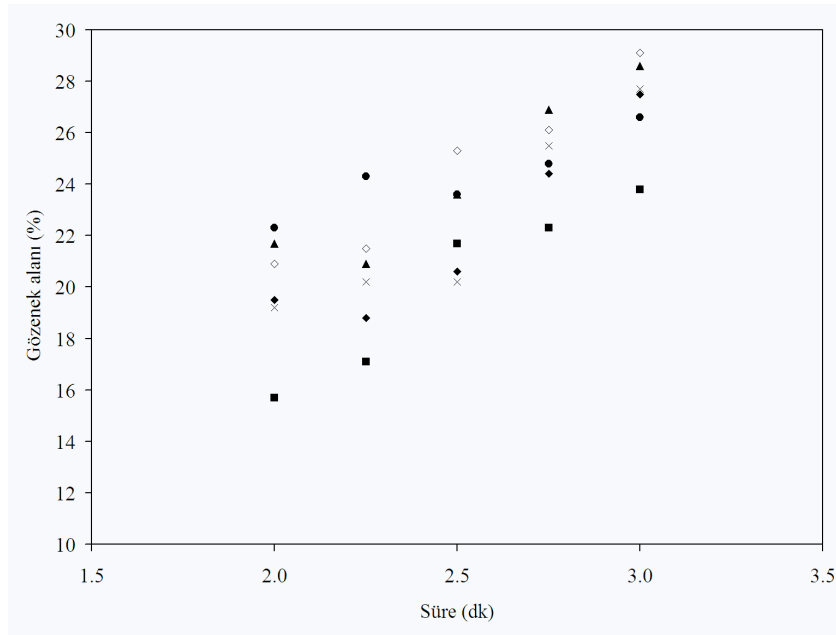
Pişmiş kek örnekleri dikey olarak iki eşit parçaya kesilmiştir. Kesik yüzeyin fotoğrafı dijital bir fotoğraf makinesi (Sony DSC-F828 Cyber-shot, Tokyo, Japonya) kullanılarak çekilmiştir. Çekilen görüntüler Image J (Image Processing and Analysis in Java) paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Kullanılan bu program görüntüdeki iki faz (gözenekler ve yüzey) arasındaki kontrastı kullanır. Renkli görüntü öncelikle gri skalaya çevrilir. Bilinen uzunluktaki barlar kullanılarak piksel değerleri uzunluk birimlerine çevrilir. Görüntüden mümkün olan en büyük dikdörtgen kesit alınır. Eşik değeri ayarlandıktan sonra, program kullanılarak alan bazlı gözenek boyutu dağılımı ve gözeneklerin alanının toplam alana oranı elde edilir. İncelenen kesitteki gözeneklerin alanının toplam alana oranı gözeneklilik olarak ifade edilmiştir.

Verilerin analizi

Deneyler üç tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Farklı formülasyonlar ve farklı pişirme süreleri arasında anlamlı farklar ($p \leq 0.05$) olup olmadığını bulabilmek için iki yönlü ANOVA kullanılmıştır. Anlamlı bir fark bulunduğu takdirde karşılaştırma için Tukey testi uygulanmıştır. Bu işlemler MINITAB paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

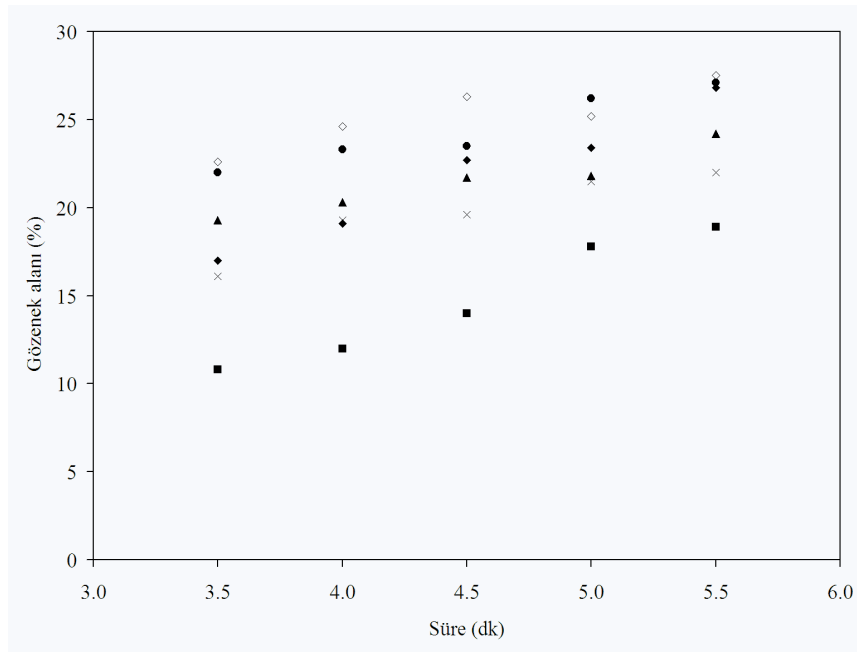
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bütün pişirme yöntemleri için pişirme süresindeki artışın gözenek alanı oranında da (gözeneklilik) artışa neden olduğu bulunmuştur (Şekil 1-3). Isıtma sırasında gazların çözünürlüğünde bir azalma gözlenir ve sıcaklık artışı ile karbondioksit serbest kalır. Bu durum ısınmakta olan hamurun kabarmasına yardımcı olur. Deneyler sonucunda hem pişirme süresinin hem de formülasyonun farklı fırınlarda pişirilen keklerin gözeneklilikleri üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p \leq 0.05$).



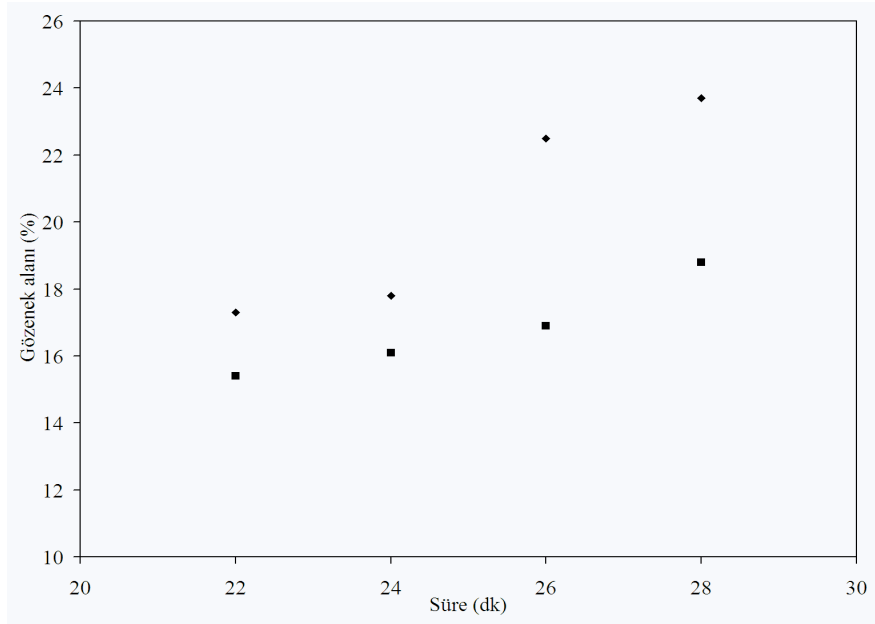
Şekil 1. Mikrodalga fırında pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin gözenek alanı değerlerinin pişirme süresi ile değişimi
 ◆ (% 0 Y-% 0 P-% 0 L)^{ab}, ■ (% 25 Y-% 0 P-% 0 L)^b ▲ (% 25 Y-% 3 P-% 0 L)^a, x (% 25 Y-% 0 P-% 3 L)^{ab}, ● (% 25 M-% 0 P-% 0 L)^a, ◇ (% 25 S-% 0 P-% 0 L)^a (Y: Yağ, P: Purawave™, L: Lecigran™, M: Malto dekstrin, S: Simplese™)

Farklı harfler (a, b) formülasyonların istatistiksel olarak önemli derecede ($p \leq 0.05$) farklı olduğunu göstermektedir.



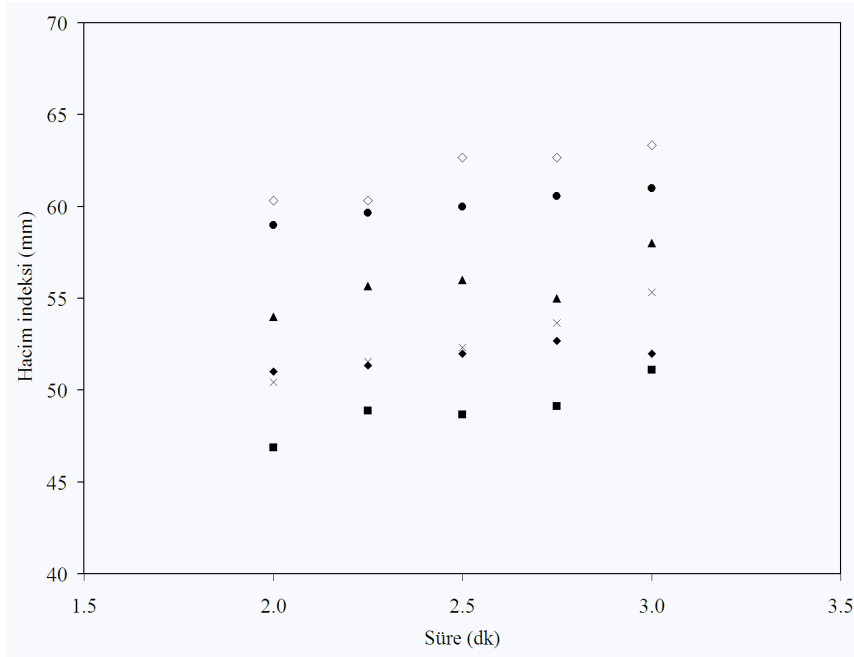
Şekil 2. Kızıl-ötesi mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin gözenek alanı değerlerinin pişirme süresi ile değişimi

◆ (% 0 Y-% 0 P-% 0 L)^b, ■ (% 25 Y-% 0 P-% 0 L)^c, ▲ (% 25 Y-% 3 P-% 0 L)^b, x (% 25 Y-% 0 P-% 3 L)^b ● (% 25 M-% 0 P-% 0 L)^a, ◇ (% 25 S-% 0 P-% 0 L)^a (Y: Yağ, P: Purawave™, L: Lecigran™, M: Malto dekstrin, S: Simplese™)
 Farklı harfler (a, b, c) formülasyonların istatistiksel olarak önemli derecede ($p \leq 0.05$) farklı olduğunu göstermektedir.

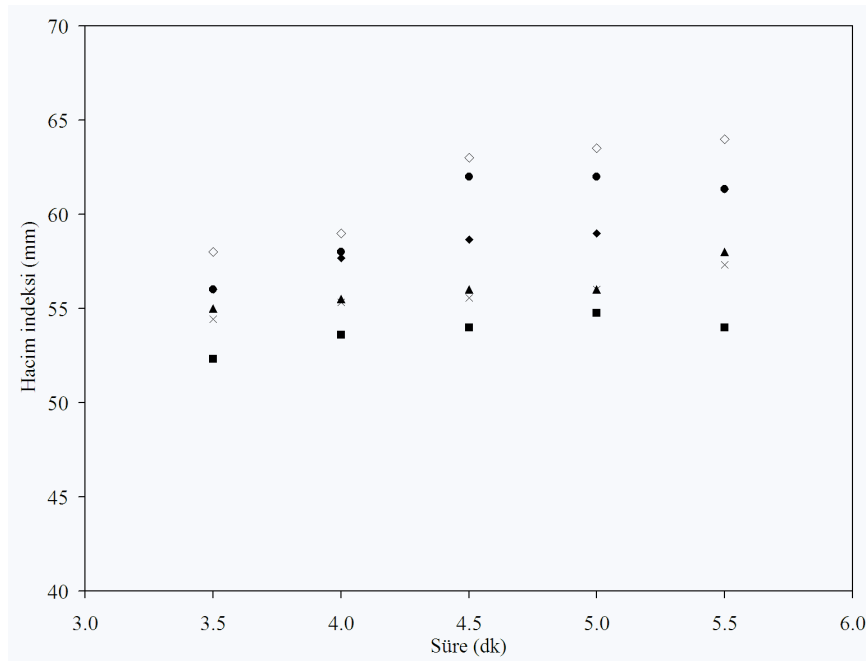


Şekil 3. Konvansiyonel fırında pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin gözenek alanı değerlerinin pişirme süresi ile değişimi
 ◆ (% 0 Y)^a, ■ (% 25 Y)^b (Y: Yağ)
 Farklı harfler (a, b) formülasyonların istatistiksel olarak önemli derecede ($p \leq 0.05$) farklı olduğunu göstermektedir.

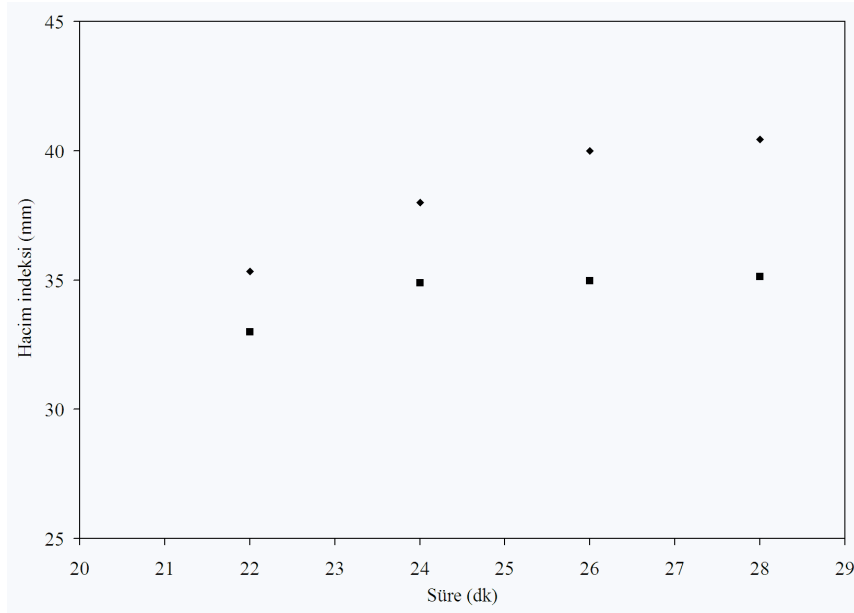
Gözeneklilik üzerine formülasyonun etkisi incelendiğinde, formülasyona yağ eklenmesinin gözeneklilikte bir azalmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 1-3). Benzer bir şekilde yağ eklenmesi keklerin hacimlerinde de azalmaya neden olmuştur (Şekil 4-6). Daha önce yapılan bir çalışmada, pandispanyada yağ oranının artışının keklerin gözenekliliğini azalttığı rapor edilmiştir (16). Korelasyon analizi gerçekleştirildiğinde üç farklı fırında da pişirilen örneklerin gözenek alanı oranı ve hacim indeksi değerleri arasında korelasyon olduğu bulunmuştur. Korelasyon katsayıları mikrodalga, kızıl ötesi-mikrodalga ve konvansiyonel fırın için sırasıyla 0.60 ($p=0.000$), 0.78 ($p=0.000$) ve 0.89 ($p=0.003$) dur. Formülasyona SimpleseTM eklenmesi çok gözenekli bir yapının oluşmasına neden olmuştur (Şekil 1 ve 2). Bu durum SimpleseTM'in protein içeriği ile açıklanabilmektedir. Yüksek protein içeriği emülsiyon oluşturma özelliğine neden olmuş ve bu özellik de SimpleseTM'in kek hamuru yapısı içerisinde daha fazla gaz tutmasını sağlamıştır. Malto dekstrin de gözenek alanı üzerinde SimpleseTM'e benzer etkilere neden olmuştur. Hem mikrodalga hem de kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirme sonucunda her iki yağ ikamesinin de eklendiği örneklerin % 25 yağ içeren örneklerden daha yüksek hacim değerlerine sahip oldukları gözlemlenmiştir (Şekil 4 ve 5). Yağ ikamesinde olduğu gibi, formülasyona emülgatör eklenmesi de sadece % 25 yağ içeren örneklerle kıyasla daha yüksek yüzey alanı oranına sahip örnekler elde edilmesini sağlamıştır (Şekil 1 ve 2). Emülgatör eklenişi örneklerin hacim indeksi değerlerini de arttırmıştır (Şekil 4 ve 5). Emülgatörler hamurun hava tutma kapasitesini arttırdığı için daha fazla gözenekli bir yapıya sahip ürün elde edilmiştir. Daha önceki bir çalışmada, emülgatör PurawaveTM mikrodalga ile pişirilen ekmeklerde kullanılmış ve formülasyona PurawaveTM eklenmesinin ekmeklerin hacmini arttırdığı bulunmuştur (17).



Şekil 4. Mikrodalga fırında pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin hacim indeksi değerlerinin pişirme süresi ile değişimi
 ◆ (% 0 Y-% 0 P-% 0 L)^d, ■ (% 25 Y-% 0 P-% 0 L)^e, ▲ (% 25 Y-% 3 P-% 0 L)^c, x (% 25 Y-% 0 P-% 3 L)^d, ● (% 25 M-% 0 P-% 0 L)^b, ◇ (% 25 S-% 0 P-% 0 L)^a (Y: Yağ, P: Purawave™, L: Lecigran™, M: Malto dekstrin, S: Simplese™)
 Farklı harfler (a - d) formülasyonların istatistiksel olarak önemli derecede ($p \leq 0.05$) farklı olduğunu göstermektedir.

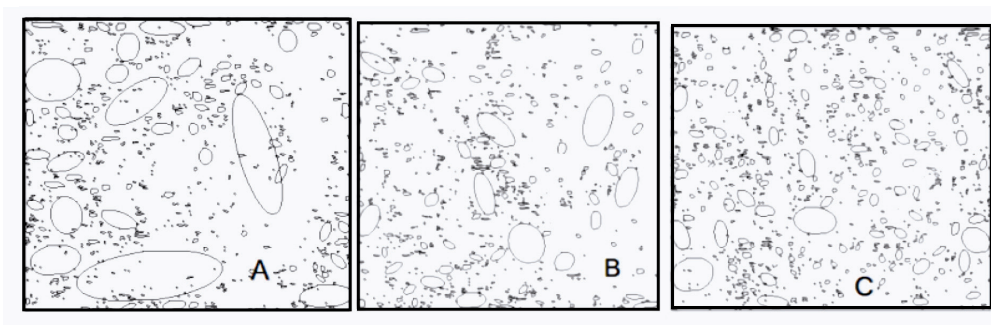


Şekil 5. Kızıl-ötesi mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin hacim indeksi değerlerinin pişirme süresi ile değişimi
 ◆ (% 0 Y-% 0 P-% 0 L)^b, ■ (% 25 Y-% 0 P-% 0 L)^d, ▲ (% 25 Y-% 3 P-% 0 L)^c, x (% 25 Y-% 0 P-% 3 L)^{cd}, ● (% 25 M-% 0 P-% 0 L)^{ab}, ◇ (% 25 S-% 0 P-% 0 L)^a (Y: Yağ, P: Purawave™, L: Lecigran™, M: Malto dekstrin, S: Simplese™)
 Farklı harfler (a-d) formülasyonların istatistiksel olarak önemli derecede ($p \leq 0.05$) farklı olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. Konvansiyonel fırında pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin hacim indeksi değerlerinin pişirme süresi ile değişimi
 ◆ (% 0 Y)^a, ■ (% 25 Y)^b (Y: Yağ)
 Farklı harfler (a, b) formülasyonların istatistiksel olarak önemli derecede ($p \leq 0.05$) farklı olduğunu göstermektedir.

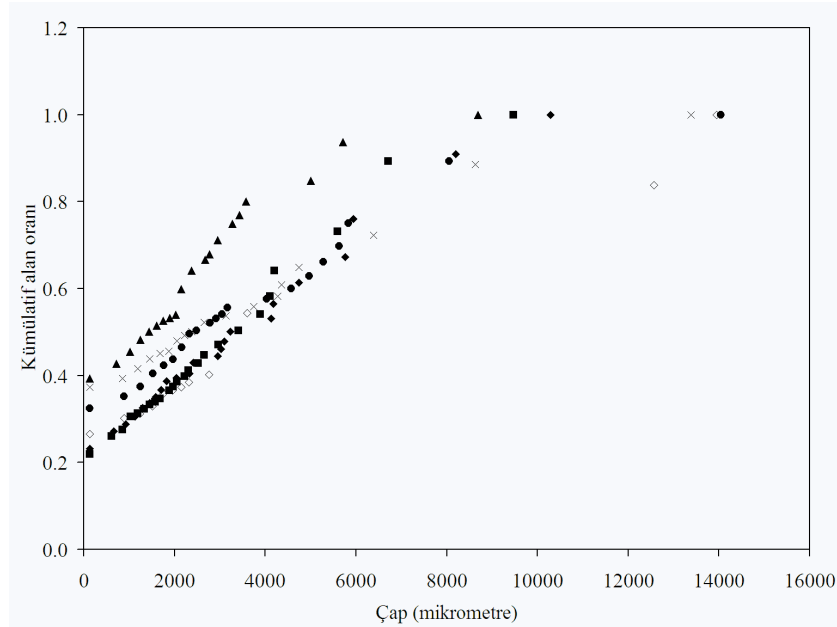
Üç farklı fırında pişirilen keklerin gözeneklilik değerleri karşılaştırıldığında, mikrodalga ile pişirilen kek örneklerinin en yüksek gözenek alanı oranlarına sahip oldukları gözlenmiştir (Şekil 1-3). Mikrodalga ile pişirilen kek içinde oluşan yüksek basınç gevşek ve gözenekli yapıya neden olmuş olabilir. Ayrıca bu keklerde istenmeyen büyük çukurlar oluşmuştur. Bu çukurların nedeni mikrodalga ile pişirme sırasında gerçekleşen düzgün olmayan ısınma sonucu oluşan lokal sıcak noktalardır. Mikrodalga ile pişirilen keklerin yüksek gözenekli yapıları Şekil 7'de de görülebilmektedir. Şekil 7A olarak verilen, mikrodalga fırın kullanılarak pişirilen % 25 yağ içeren kek örneğine ait olan Image J program çıktısında gözlemlenen büyük eliptik yapılar büyük gözenekleri belirtmektedir.



Şekil 7. Farklı fırınlarda pişirilen % 25 yağ içeren kek örneklerinin gözenek alanlarının hesaplanmasında kullanılan Image J programı çıktıları (A- mikrodalga fırın, B- kızıl-ötesi mikrodalga kombinasyonlu fırın, C- konvansiyonel fırın).

Mikrodalgada son pişirme süresinde pişirilen kekin gözenek boyutu dağılımı Şekil 8'de verilmiştir. Mikrodalga ile pişirme işleminde yağ eklenmesi daha küçük gözeneklerin oluşmasına neden olmuştur. Yağsız örneklerde gözeneklerin yaklaşık % 75'inin çaplarının 6000 μm 'den düşük olduğu saptanmıştır. Halbuki % 25 yağ içeren örnekler için bu değer 5600 μm 'dir. Purawave™ içeren örneklerin gözeneklerinin yaklaşık % 70'inin çapları

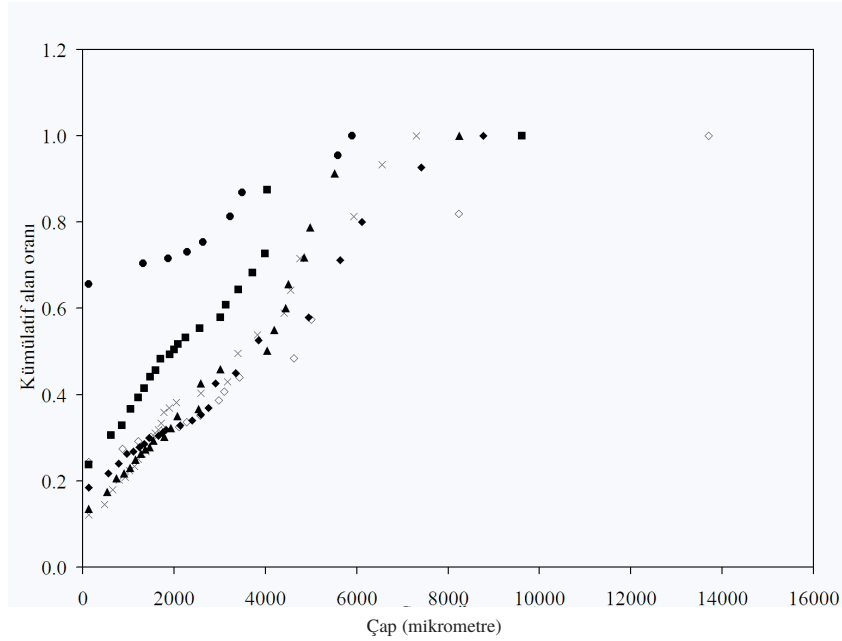
3000 μm 'den küçüktür. LecigranTM içerenlerde ise bu değer 6400 μm olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Mikrodalga fırında pişirilen keklerde formülasyona PurawaveTM eklenmesi daha küçük gözeneklerin oluşumu ile sonuçlanmıştır. Her ne kadar PurawaveTM içeren örnekler küçük gözeneklere sahip olsalar da gözeneklilik değerleri oldukça yüksektir (Şekil 1 ve 8). Kullanılan emülgatörün türü ve miktarı kabarcık yapısını ve dağılımını etkileyebilir ki bu da ürünün son yapısı üzerinde etkilidir (6). Malto dekstrin eklendiği zaman gözeneklerin % 75'inin çapının yaklaşık 5900 μm 'den küçük olduğu bulunmuştur. En büyük gözenek çapına sahip örnekler SimpleseTM içeren örnekler olarak belirlenmiştir (gözeneklerin % 83'ünün çapı 12600 μm 'den daha düşüktür). Formülasyona yağ ikamesi ilave etmek yapıda çok büyük gözeneklerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum da örneklerin gözenek dağılımının çok geniş bir aralıkta olduğunu göstermektedir. Yapıda oluşan büyük boşluklar örneklerin yüksek gözeneklilik ve yüksek hacim indeksi değerlerine sebep olmuş olabilir (Şekil 1 ve 4). Mikrodalgada pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin gözenek boyutu dağılımları karşılaştırıldığında PurawaveTM içeren örneklerin en düzgün gözenek boyutu dağılımına sahip oldukları saptanmıştır. Sahi ve Alava (6) kek hamuruna yüksek konsantrasyonda emülgatör eklenmesinin düzgün bir kabarcık dağılımına neden olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 8. Mikrodalga fırında 3 dakika pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin gözenek boyutu dağılımları

◆ % 0 Y-% 0 P-% 0 L, ■ % 25 Y-% 0 P-% 0 L ▲ % 25 Y-% 3 P-% 0 L, x % 25 Y-% 0 P-% 3 L, ● % 25 M-% 0 P-% 0 L, ◇ % 25 S-% 0 P-% 0 L (Y: Yağ, P: PurawaveTM, L: LecigranTM, M: Malto dekstrin, S: SimpleseTM)

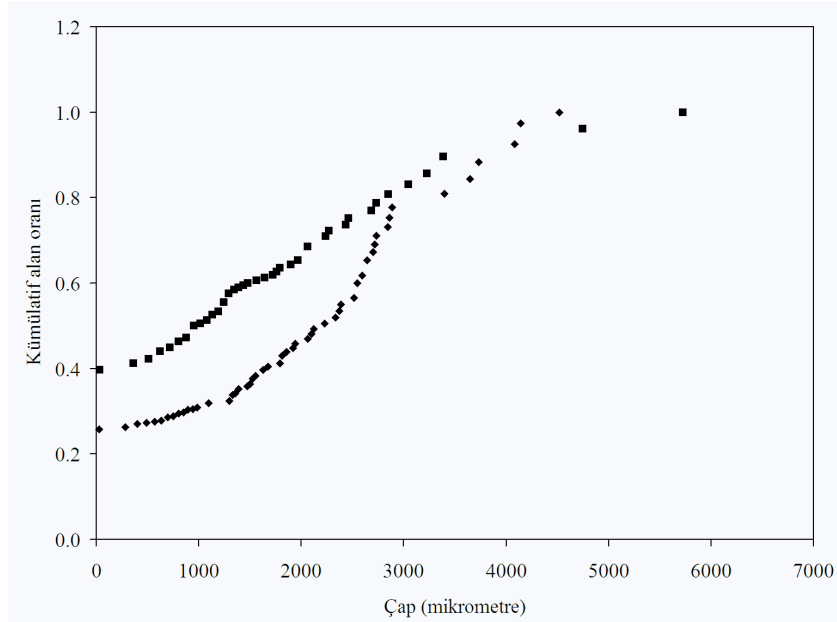
Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen keklerin gözenek boyutu dağılımları incelendiğinde PurawaveTM ve LecigranTM içeren örneklerin gözeneklerinin yaklaşık %70'inin benzer boyutlarda olduğu saptanmıştır (yaklaşık 4800 μm 'den düşük) (Şekil 9). Malto dekstrin eklenen keklerde ve % 25 yağ içeren keklerde bu değer sırasıyla 1400 μm ve 4000 μm olarak belirlenmiştir. Malto dekstrin eklenen keklerin daha küçük gözeneklere ve dolayısıyla daha düzgün bir yapıya sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Her ne kadar malto dekstrin eklenen örneklerde gözenek boyutu küçük olsa da gözeneklilik değerleri yüksektir çünkü gözenek sayısı fazladır (Şekil 2). SimpleseTM içeren örneklerde yapıda çok büyük gözenekler gözlemlenmiştir; bu durum en yüksek gözeneklilik değerlerine neden olmaktadır (Şekil 2).



Şekil 9. Kızıl-ötesi mikrodalga kombinasyonlu fırında 5.5 dakika pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin gözenek boyutu dağılımları

◆ % 0 Y-% 0 P-% 0 L, ■ % 25 Y-% 0 P-% 0 L ▲ % 25 Y-% 3 P-% 0 L, x % 25 Y-% 0 P-% 3 L, ● % 25 M-% 0 P-% 0 L, ◇ % 25 S-% 0 P-% 0 L (Y: Yağ, P: Purawave™, L: Lecigran™, M: Malto dekstrin, S: Simplese™)

Konvansiyonel pişirmede diğer pişirme yöntemlerine nazaran daha düzgün bir gözenek dağılımı elde edilebilmektedir (Şekil 10). Buna ek olarak konvansiyonel fırında pişirilen keklerde diğer metodlara oranla daha fazla sayıda gözenek tespit edilmiştir. Mikrodalga fırında, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında ve konvansiyonel fırında pişirilen keklerin toplam gözenek sayıları sırasıyla 552, 540 ve 2740 olarak bulunmuştur. Yağsız örnekler için gözeneklerin % 70'inin çapı 2800 μm 'den düşüktür. Ancak bu değer % 25 yağ içeren keklerde 2300 μm olarak belirlenmiştir. Yağsız ve % 25 yağ içeren örnekler açısından üç pişirme yöntemi karşılaştırıldığında, mikrodalgada pişirilen keklerin, kombinasyonlu fırında pişirilen keklerin ve konvansiyonel fırında pişirilen keklerin gözenek çapları sırasıyla (126.8 μm - 10290.2 μm), (126.8 μm - 9611.7 μm) ve (25.7 μm - 5726.9 μm) değerleri aralığındadır. Bu da konvansiyonel pişirme ile küçük gözenekli yapıda örnekler elde edilebildiğini göstermiştir. Martin ve Tsen (18) taramalı elektron mikroskobu ile gerçekleştirdikleri bir çalışmada mikrodalga ile pişirilen keklerin gözeneklerinin konvansiyonel bir fırında pişirilenlere oranla daha büyük olduğunu bulmuştur.



Şekil 10. Konvansiyonel fırında 28 dakika pişirilen farklı formülasyonlardaki keklerin gözenek boyutu dağılımları
 ◆ % 0 Y, ■ % 25 Y (Y: Yağ)

SONUÇ

Gözenek alanı ve hacim indeksi değerleri arasında bulunan anlamlı korelasyon görüntü analizi yönteminin keklerin gözeneklilik ve gözenek boyutu dağılımlarının incelenmesinde umut vaat eden bir yöntem olduğunu göstermektedir. Farklı metodlarla pişirilen keklerin gözenek alanı ve gözenek boyutu dağılımlarının farklı olmasının nedeni pişirme mekanizmalarındaki çeşitliliğdir. Mikrodalga ile pişirilen keklerin en yüksek oranda gözenek alanı değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Formülasyona yağ eklenmesi farklı fırınlarda pişirilen keklerin gözenekliliğini azaltmıştır. Mikrodalga ve kızıl-ötesi mikrodalga kombinasyonu ile pişirilen ürünler için Simplese™'in bir yağ ikamesi olarak kullanımı tavsiye edilemez çünkü yapıda çok büyük gözeneklere neden olmaktadır. Diğer taraftan yağ ikamesi olarak formülasyona malto dekstrin eklenmesi ile kızıl-ötesi mikrodalga kombinasyonlu fırında keklerin gözenek boyutlarını düşürmek mümkündür, böylece konvansiyonel fırında olduğu gibi düzgün bir dağılım elde edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Bhatnagar S and Hanna MA. 1997. Modification of microstructure of starch extruded with selected lipids. *Starch*, 49: 12–20.
2. Kassama LS, Ngadi MO, Raghavan GSV. 2003. Structural and instrumental textural properties of meat patties containing soy protein. *International Journal of Food Properties*, 6(3) 519-529.
3. Stanley DW. 1987. Food texture and microstructure. In H. R. Moskowitz (Ed.), *Food texture: Instrumental and sensory measurement* (pp. 35–64). Marcel Dekker, New York.
4. Datta AK, Sahin S, Sumnu GS, Keskin S. 2007. Porous Media Characterization of Breads Baked Using Novel Heating Modes. *Journal of Food Engineering*, 79(1) 106-116.
5. Hicsasmaz Z, Clayton JT. 1992. Characterization of the pore structure of starch based food materials. *Food Structure*, 11(2) 115-132.
6. Sahi SS, Alava JM. 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 1419-1429.

7. Krutz GW, Gibson HG, Cassens DL, Zhang M. 2000. Colour vision in forest and wood engineering. *Landwards*, 55: 2–9.
8. Brosnan T, Sun DW. 2004. Improving quality inspection of food products by computer-vision- a review. *Journal of Food Engineering*, 61(1) 3-16.
9. Tan J. 2004. Meat quality evaluation by computer vision. *Journal of Food Engineering*, 61: 27–35.
10. Kilic K, Boyaci IH, Koxsel H, Kusmenoglu I. 2007. A classification system for beans using computer vision and artificial neural networks. *Journal of Food Engineering*, 78: 897-904.
11. Scott A. 1994. Automated continuous online inspection, detection and rejection. *Food Technology Europe*, 1(4) 86–88.
12. Sapirstein HD. 1995. Quality control in commercial baking: machine vision inspection of crumb grain in bread and cake products. In *Food Processing Automation IV Proceedings of the FPAC Conference*, St. Joseph, Michigan, USA, ASAE.
13. Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A, Katnas S. 2007. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. *Journal of Food Engineering*, 78(3) 953-964.
14. Buffler C. 1993. Microwave cooking and processing: Engineering Fundamentals for the Food Scientist (Pp. 6-7, 150-151). Avi Book, New York.
15. AACC. 1991. Approved Methods of the AACC (Method 10-91). American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
16. Roca E, Broyart B, Guillard V, Guilbert S, Gontard N. 2007. Controlling moisture transport in a cereal porous product by modification of structural or formulation parameters. *Food Research International*, 40 (4) 461-469.
17. Ozmutlu O, Sumnu G, Sahin S. 2001. Effects of different formulations on the quality of microwave baked breads. *European Food Research and Technology*, 213: 38-42.
18. Martin DJ, Tsen CC. 1981. Baking high ratio white layer cakes with microwave energy. *Journal of Food Science*. 46(5) 1507-1513.