

EKMEK YAPIMDA LİKİT FERMENT SİSTEMİNİN MEKANİZASYONU ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A RESEARCH ON THE MECHANIZATION OF LIQUID FERMENT SYSTEM FOR BREADMAKING

M. Kürşat DEMİR*, Adem ELGÜN, Nermin BİLGİÇLİ

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş Tarihi: 24.03.2007

ÖZET: Bu araştırmada Türk tipi ekmeğin üretiminde, modifiye likit ferment sistemini kullanarak, daha yüksek maya performansı ile daha ucuz, doğal ve daha kaliteli ekmeğin üretimi araştırılmış, bu amaçla geliştirilen metodun standardizasyonu ve mekanizasyonu üzerine çalışılmıştır. Denemelerde maya gıdası (DAHP+ MgSO₄) yerine, doğal azot kaynağı olarak buğday ruşeymi, aktif soya unu ve yüksek randımanlı un (tip 850) kullanımları araştırılmıştır.

Laboratuvar (1 lt.) ve ticari ölçekte (1000 lt.) fermentörlerde, % 1 maya inokulasyonu ile üretilen likit fermentlerden yapılan ekmekler, % 3 yaş maya ile direkt usulde üretilen ekmeklere göre eşdeğerde ekmeğin dış özellikleri ve daha üstün ekmeğin içi özellikleri sağlayarak, maya kullanımında tasarruf sağlanmıştır. Maya gıdası (DAHP + MgSO₄) yerine, doğal azot kaynağı olarak ferment ununa % 5'lik buğday ruşeymi veya aktif soya unu ikamesi, özellikle laboratuvar tipi ekmeklerde, maya gıda katkısına eşdeğerde kalite göstermiştir. Performans olarak, buğday ruşeymi katkısı hacim ve simetri ile ekmeğin içi tekstürü ve parlaklığında, aktif soya unu ise ekmeğin hacmi ve verimi ile ekmeğin içi beyazlığında diğerlerine göre, ticari şartlarda daha iyi olmak üzere yüksek performans göstermiştir (p<0.05). Ticari şartlarda yapılan ekmekler, laboratuvar şartlarına göre, özellikle hacim bakımından performans kaybına uğramış, ancak maya gıdası ilavesi ile giderilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekmeğin mayası, maya gıdası, likit ferment, ekmeğin, un ferment.

ABSTRACT: In this research, we aimed to investigate the production of Turkish type bread better in quality, production cost and its nature by using modified Liquid ferment system. So, the standardization and mechanization of this method was studied. As a natural nitrogen source, wheat germ, active soy flour and high yield wheat flour (type 850) were used instead of yeast food (DAHP + MgSO₄).

In the both production sizes, with 1 liter at lab, 1000 liter at commercial size fermentor, the liquid ferment breads produced by 1 % yeast inoculations, gave similar results to the control breads produced with 3 % compressed yeast by the direct method, being superior in crumb properties than that of the control. As natural nitrogen source, instead of yeast food (DAHP + MgSO₄), 5 % wheat germ or active soy flour were substituted in ferment flour especially at laboratory case, the results were similar to the bread quality produced by yeast food addition. Wheat germ addition gave higher volume and symmetry with better crumb texture and brightness, while soy flour addition shows more volume and yield with whiter crumb. At the commercial condition, the performance was decreased in bread volume and this could be removed by the yeast nutrients additions in addition to wheat germ or active soy flour substitutions.

Key Words: Baker's yeast, yeast food, liquid ferment, bread, flour ferment.

Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

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

GİRİŞ

Ekmek üretiminde undan sonra en önemli girdi, ekmek mayasıdır. Maya sayesinde ekmek daha hacimli, daha kabarık ve dolayısıyla daha pişkin olmaktadır. Ekmek yapımında kullanılmakta olan likit ferment sisteminin esası; sıvı bir ortam vasıtasıyla, hamur fermentasyonunun düzenlenmesi ve desteklenmesidir (1,2,3). Yaş maya yerine likit fermentin kullanılmasıyla elde edilen avantajlar; üretim maliyetinin düşük oluşu, üniform, kaliteli ve ince gözenek yapısına sahip geç bayatlayan ürünlerin elde edilişi, işgücü, yer ve zaman tasarrufu, üstün sanitasyon ve daha iyi işleme toleransındır (1).

Bilgiçli (3) laboratuvar tipi bir fermentörde melas ortamında likit ferment üretimini gerçekleştirmiş ve % 30 özgül üreme hızıyla, 5 saatlik üretim süresi sonunda 0.5 g inokulum olarak kullanılan ticari ekmek mayasının 4 kat artış gösterdiğini tespit etmiştir. Demir ve ark. (4), % 15 ferment unu esasına göre; 3 farklı maya gıdası kombinasyonunun ("DAHP", "NH₄Cl + KH₂PO₄" ve "DAHP + MgSO₄") likit ferment üzerine etkisini değerlendirdikleri bir araştırmada, DAHP + MgSO₄ kombinasyonunun ekmeğin iç ve dış özellikleri bakımından daha olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Türker ve ark. (5) da, yapmış oldukları % 10 ferment unu katkılı likit fermentteki üretim süresi (2.0, 2.5 ve 3.0) denemelerinde, en iyi sonuçların 3.0 saat üretim sonunda elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Soya proteini, aminoasit kompozisyonu bakımından buğday glutenine göre; lizin ve arginine zengin, methionince fakirdir. Bu yönü ile ekmeğin lizin bakımından takviyesinde özel öneme sahiptir (6). Soya unu katkısının beslenme yönünden sağlayacağı faydaları yanında, fırın ürünlerinde ucuz bir girdi olarak maliyetleri de düşüreceği bildirilmektedir (6,7). Maya içinde önemli bir azot kaynağı olacaktır.

Buğday Ruşeymi ise; protein, mineral madde, yağ, enzim, B grubu vitaminleri (Tiamin, riboflavin, niasin) ve E vitamini bakımından buğdayın en zengin kısmını oluşturmaktadır (1). Buğday ruşeymi proteinleri hem nicelik ve hem de nitelik bakımından hayvansal proteinlerle mukayese edilebilecek düzeydedir (8). Diğer taraftan maya içinde iyi bir nitrojen kaynağı olup, ekmek mayasının (*Saccharomyces cerevisiae*) üretiminde kullanılan ilk üretim ortamlarından biridir (9).

Bu çalışmada maya üretimi ile likit ferment sistemi kombine edilerek, a) maya gıdası yerine doğal katkıyla ile daha yüksek maya çoğalması ve fermentasyon performansının elde edilmesi, b) bunun için ortam şartlarının tespiti, c) üretimde kullanılacak ticari ölçekli bir fermentörün dizaynı ve mekanizasyonu amaçlanmıştır. İlgili olarak, üretimde un fermenti esas alınmış, orijinalinde kullanılan süt tozu yerine de; azot, fosfor ve diğer maya besin maddesi kaynağı olarak ruşeym ve aktif soya unu kullanılarak, mevcut şartlara en uygun fermentör mekanizasyonu için önce laboratuvar ölçeğinde (1 lt), ikinci aşamada da ticari ölçekte (1000 lt) bir fermentör dizayn edilmiştir. Likit fermentte % 1.0 yaş maya inokulasyonuna karşılık, şahitteki % 3.0 maya ile elde edilen ekmeklerin kalitatif özellikleri karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

MATERYAL

Likit ferment üretiminde piyasadan sağlanan Tip 550 ve 850 un (Altınapa Un A.Ş., Konya), buğday ruşeymi (Güzeller Un A.Ş., Konya) ve aktif soya unu (Yılmaz Soya A.Ş., Bandırma), malt unu (Efes Pilsen Konya Malt Fabrikası), fungal alfa amilaz (Amylase AO11P-Vatan Gıda Ltd.Şti), ticari DAHP (Diamonyum hidrojen fosfat) (CarloErba), MgSO₄ (Merck) kullanılmıştır. Ekmek denemelerinin hamur aşamasında, Tip 550 un (Altınapa Un A.Ş., Konya), L-Askorbik asit, DATEM ve iyi kalitede rafine tuz kullanılmıştır. Yaş maya (*Saccharomyces cerevisiae*) (Pakmaya) piyasadan günlük olarak temin edilip, buzdolabında (+4°C) saklanmış ve her bir tekrerde ayrı maya partisi kullanılmıştır (10).

YÖNTEM

Analitik Analizler

Denemelerde kullanılan unların; su (AACC 44-19), protein (AACC 46-12) ve kül (AACC 08-03) miktarları ile gluten ve gluten indeks değerleri (AACC 38-12), Zeleny sedimantasyon testi (AACC 56-60) Anon. (11)'a göre belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sıvı ferment üretiminde kullanılan ferment un miksi bileşenlerine ait analitik analiz sonuçları*

| Özellik | Tip 550 un | Tip 850 un | Buğday Ruşeymi | Aktif Soya Unu |
|---------------------------|------------|------------|----------------|----------------|
| Su (%) | 12.26 | 11.61 | 11.57 | 5.11 |
| Kül (%) | 0.50 | 0.89 | 4.52 | 5.20 |
| Protein** (%) | 12.19 | 12.89 | 28.47 | 41.50 |
| Zeleny sedimantasyon (cc) | 37.00 | 22.01 | - | - |
| Gluten miktarı (%) | 28.90 | 25.40 | - | - |
| Gluten index (%) | 93.70 | 40.50 | - | - |

* Kuru madde esasına göre ; ** Protein= N x 5.70 ve kuru madde esasına göre.

Fermentör Dizaynı

Laboratuvar tipi: Likit ferment üretiminin gerçekleştirildiği laboratuvar tipi fermentör tarafımızdan dizayn edilmiş olup, 1 litre üretim hacminde, çift cidarlı cam gövdeye sahip, kapak ve destek kısımları paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Sıcaklık ve pH ölçümleri ile havalandırma sistemi donanımlarına sahiptir. Kontrolde, ayrıca portatif bir pH-metre (WTW-315i/set) ve termometre kullanılmıştır. Sıcaklık ayarı, termostatlı ve sirkülasyonlu su banyosu (Nüve-BM 402) yardımıyla sağlanmıştır. Havalandırmada ise, filtreli ve akış debisi ayarlanabilen bir hava pompası (Rambo-EP 8500) kullanılmıştır.

Ticari tip: İntermak Makine İmalat-İthalat San. ve Tic. A.Ş. (Konya) ile işbirliği yapılarak imal edilmiş, 1000 litrelik üretim hacminde, çift cidarlı sıcaklık değişim gömleğine sahip olup, tamamen paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Fermentörde; sıcaklık ve pH'yı kontrol eden bir pH metre (Crison pH 28 model), üretimde karıştırma hızını kontrol eden bir redüktörlü motor, havalandırmayı sağlayan bir kompresör (300–3000 bar L/h), ısıtma ve soğutma işlemlerinde ise fermentöre montajı yapılan elektrikli ısıtıcılar ve mekanik soğutma düzeneği kullanılmıştır. Besleme işlemi, fermentörün üst kısımda yer alan, menhol kapaktan manuel olarak yapılmıştır. Fermentörlerin optimum çalışma şartları ön denemelerle tespit edilmiştir.

Deneme Kuruluşu ve İstatistik Değerlendirme

Laboratuvar koşullarında, % 1.0 yaş maya inokulasyonu ile likit ferment üretimi (4); **Maya Gıdası** "Diamonyum Hidrojen fosfat (DAHP) + MgSO₄" ilavesiyle; "% 15 Tip 550 un", "% 15 Tip 850 un" ve **Maya Gıdası ilavesiz** "% 5 Buğday Ruşeymi + % 10 Tip 850 un" veya "% 5 Aktif Soya Unu + % 10 Tip 850 un" olarak dört farklı ferment unu miksiyle gerçekleştirilmiş olup, deneme 2 tekerrürlü olarak; Ticari ölçekli likit ferment üretimi denemelerinde ise, laboratuvar şartlarında önemi belirlenen maya gıdası ("DAHP + MgSO₄"), dört farklı un karışımında da ilave edilerek, yine % 1.0 maya inokulasyonu ile, 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada elde edilen ekmek pişirme denemelerine ait veriler varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıkları önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (12).

Likit Fermentin Üretimi

Likit Ferment Formülasyonu

Laboratuvar ve Ticari şartlarda üretimi gerçekleştirilen likit fermentlerin formülasyonları Çizelge 2'de görülmektedir.

Likit Fermentin Hazırlanması ve Üretimi

Laboratuvarda; 3 üniteli ve her biri 1 litre hacimli olarak dizayn edilmiş laboratuvar tipi fermentör kullanılmıştır. Üretim denemeleri; fermentör hacmi itibarıyla, 6 birimlik 600 g toplam un üzerine, 360 ml su ilavesi edilerek bulamaç haline getirilmiş, daha sonra bu ortam, 1N HCl ile pH 5'e ayarlanmıştır (3). Elde edilen bulamaca gerekli maya gıdaları, malt unu, fungal alfa amilaz ve % 1 inokulum mayası ilave edilerek, üretim Demir ve ark. (4)'e göre gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Sıvı ferment formülasyonu*

| Hamur unsurları | Sıvı Ferment Aşamasında | Hamur Aşamasında | Toplam | Şahit Ekmek (Direkt Hamur) |
|------------------------|-------------------------|------------------|--------|----------------------------|
| Un (g) | 10 ^{**+5} *** | 85 | 100 | 100 |
| Tuz (g) | - | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Su (ml) | 60 | 2 | 62 | 62 |
| Malt unu (g) | 0.33 | - | 0.33 | 0.33 |
| Fungal amilaz (g) | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 |
| Maya (g) | 1.0 | - | 1.0 | 3.0 |
| DAHP (g) | 0.17 | - | 0.17 | - |
| MgSO ₄ (g) | 0.008 | - | 0.008 | - |
| DATEM (g) | - | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| L. Askorbik Asit (ppm) | - | 75 | 75 | 75 |

*100 g un esasına göre; ** % 10, Tip 850 veya 550 un; *** Un ikamesi: Deneme desenine göre; % 5, 550 veya 850 tipte un, öğütülmüş ruşeymi veya aktif soya unu kullanılmıştır.

Ticari şartlarda; yapılan denemelerde ise, laboratuvar şartlarında elde edilen veriler değerlendirilmiş, soya unu ve buğday ruşeymi kullanılarak üretilen likit fermentlerde maya gıdası ihtiyacının hemen hemen karşılandığı, fakat ilaveten kullanılan maya gıdasının likit ferment ekmeklerinin iç ve dış özelliklerine daha olumlu etkiye bulunduğu görülerek, ticari şartlardaki denemelerde "DAHP+MgSO₄" maya gıdası karışımı tüm formülasyonlara dahil edilerek, üretim gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle üretimde kullanılacak un, 3 eşit parça halinde 40 dakikalık periyotlarla kademeli olarak ortama ilave edilmiş ve ortamın pH'sı ilk aşamada ayarlanmıştır (3). Diğer ingredientler de ilave edilerek, üretim laboratuvar koşullarındaki gibi yürütülmüştür.

Ekmek Pişirme Denemeleri

Laboratuvar şartlarında, üretilen likit fermentlerden, 100 g un esasına göre, daha önceden besin ortamına ilave edilen un miktarı düşülerek ekmek denemeleri yapılmıştır. Ayrıca ekmek formülasyonlarına katkı maddesi olarak; % 1.5 tuz, 75 ppm L-Askorbik asit ve % 0.3 Mono ve digliseritlerin diasetil tartarik asit esterleri (DATEM) kullanılmıştır (Çizelge 2).

Ekmek pişirme denemelerinde direkt pişirme metodu (AACC 10-10) Türk tipi ekmeklere ve likit ferment sistemine modifiye edilerek kullanılmıştır. Bunun için, söz konusu likit ferment örnekleri, Çizelge 2'de verildiği gibi, toplam 100 g un esasına göre ilave % 85 un karıştırılarak, kalan % 2 su ve diğer ingredientlerle olgun hamur elde edilene kadar yoğrulmuştur. Bu hamurlar, % 80 nispi nemde ve 40°C sıcaklıkta 30 dakika süre ile kitle fermantasyonuna bırakılmış, katlanıp havalandırılarak 60 dakika süreyle 40°C'de son fermantasyona tabi tutulmuş, 235±5°C'de 15 dakika pişirilmiştir.

Ticari şartlardaki, denemelerde ise, olgunlaşınca kadar yoğrulan hamurlar, kes-tart cihazıyla yaklaşık olarak 240±5 g olacak şekilde kesilerek konik yuvarlama makinesine iletilmiş, oradan da ara-dinlendirme düzeneğine verilmiştir. 15 dakikalık, ara dinlendirme işleminin sonunda, şekil verme makinesiyle son şekillerini aldıktan sonra pasa arabalarına alınıp son fermantasyona terkedilmiştir. Fermantasyon kabininde; % 80 nispi nemde ve 30-40 °C sıcaklıkta, 75 dakika süre ile son fermantasyona tabi tutulmuştur. Kabinden çıkarılan ekmekler üzerine bıçak atma işlemi uygulandıktan sonra, 235±5°C'de 20-25 dakika süre ile pişirilmiştir.

Gerek laboratuvar şartlarında ve gerekse ticari şartlarda üretilen likit ferment ekmekleri pişirildikten sonra, fırın çıkışında ağırlık ve hacim ölçümleri yapılmış, bir saat sonra polietilen torbalara konularak ağızları kapatılmıştır. 24 saat sonra simetri, tekstür ve ekmeğin içi gözenek yapısı puanlanarak (0-10) değerlendirilmiştir (4,13). Elde edilen ekmeğin paralellerinden biri 24 saat, diğeri 72 saat sonra sertlik ölçümü (biyolojik materyal tekstür analiz test ünitesi) yapılarak, sonuçlar Newton/cm^2 cinsinden ifade edilmiştir (4,10). Ekmeğin örneklerinin kabuk ve iç renkleri (L,a ve b) Minolta CR 400 cihazı kullanılarak belirlenmiştir (4) .

Üretilen ekmekler arasında karşılaştırma yapabilmek için; 40°C'de fermantasyona tabi tutulan şahit ekmekler kullanılmıştır. Bu şahit ekmeklerin yapımında likit sistemdeki katkıları karşılayacak şekilde % 0.01 fungal alfa amilaz, % 0.33 malt unu, % 0.3 DATEM ve 75 ppm L-Askorbik asit ilave edilmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Analitik Sonuçlar

Çizelge 1 araştırmamızda kullanılan materyalin analitik özelliklerini göstermektedir. Buna göre, materyal olarak kullanılan Tip 550 un lüks ekmeğin özellikte, Tip 850 un ise taban unu denilen esmer-kuvvetli un grubuna girmektedir. Ferment unu miksinde kullanılan buğday ruşeyminin % 28.47 ve aktif soya ununun % 41.50 protein miktarları ile hem ekmeğin besin değerini artırmada ve hem de maya için besin kaynağı oluşturmada önemli potansiyele sahip oldukları görülmektedir (Çizelge 1).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Laboratuvar Ölçekli Çalışmalar

Ekmeğin Dış Özellikleri

Ağırlık: Laboratuvar şartlarında üretilen likit ferment ekmeklerinde farklı ferment mikslerinin ekmeğin ağırlığı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Laboratuvar şartlarında üretilen likit fermentlerden elde edilen ekmeklerin ağırlık değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına (Çizelge 3) göre, en düşük değerler istatistiki olarak birbirinden farksız olan ($p<0.05$) “% 5 Buğday Ruşeymi + % 10 Tip 850 Un” ve “%15 Tip 550 Un + DAHP + MgSO_4 ” un mikslerinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, un miksine % 5 oranında ikame edilen buğday ruşeymi ve randımanı yüksek un katkısı, likit ferment ekmeklerinde daha iyi iç boşalmasına sebep olmuştur. % 3.0 yaş maya katkılı şahit ekmeğe göre yüksek, fakat oldukça yakın ağırlık değeri elde edilmiştir.

Hacim ve spesifik hacim: Laboratuvar şartlarında üretilen likit fermentlerden yapılan ekmeklerin hacim ve spesifik hacimleri sırasıyla; 755-790 cc ve 5.36-5.61 cc/g arasında değişirken, % 3.0 yaş maya katkılı şahit ekmeğin 810 cc ve 5.79 cc/g değerleri elde edilmiştir. Bilgiçli (3), melas ortamında üretilen likit fermentlerde, 2 saatte, inokule edilen mayanın kuru madde olarak 2 katına çıktığını, 430 cc'den 620 cc'ye hacim ve 3.17'den 4.64'e spesifik hacim artışı sağlandığını tespit etmiştir. Bu durum, kullanılan un fermentinin, melas ortamında

Çizelge 3. Laboratuvar şartlarında farklı un miksleri kullanılarak üretilen sıvı fermentlerle yapılan ekmeklerin dış görünüş özelliklerine ait duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

| Fermentte Un Miksi** | N | Ekmeğin Ağırlığı (g) | Ekmeğin Hacmi (cc) | Spesifik Hacim (cc/g) | Simetri (0-10) | Kabuk Rengi | | |
|----------------------|---|----------------------|--------------------|-----------------------|----------------|-------------|----------|----------|
| | | | | | | L | a | b |
| % 15 A + M.G.*** | 2 | 140.810 b | 755.000 c | 5.360 c | 7.000 c | 60.065 b | 10.290 c | 18.510 c |
| % 15 B + M.G. | 2 | 141.255 a | 772.500 b | 5.470 b | 7.750 ab | 59.625 b | 12.610 b | 17.475 d |
| % 5 B.R. + % 10 B | 2 | 140.800 b | 790.000 a | 5.610 a | 8.500 a | 64.420 a | 13.840 a | 20.895 a |
| % 5 A.S.U. + % 10 B | 2 | 141.130 a | 772.500 b | 5.475 b | 7.500 bc | 64.835 a | 12.815 b | 19.795 b |
| ŞAHİT | 6 | 139.900 | 810.000 | 5.790 | 9.000 | 62.820 | 13.680 | 23.510 |

*Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$).

** A: Tip 550 Un, B: Tip 850 Un, B.R.: Buğday Ruşeymi, A.S.U.: Aktif Soya Unu; *** M.G.: DAHP (Diamonyum Hidrojen Fosfat) + MgSO_4

olduğu gibi, yüksek maya performansı gösterdiğine işaret etmektedir (4). Bunlara ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3'te özetlenmiştir. En yüksek değerleri “% 5 Buğday Ruşeymi ikameli” mikslar vermiş iken, en düşük verileri de “% 15 Tip 550 Un + DAHP + MgSO₄” miksi uygulamaları sağlamıştır. Maya gelişimi için gerekli olan besin bileşenleri, randımanı yüksek un (Tip 850), buğday ruşeymi ve soya ununda daha yoğun olarak bulunmaktadır. Hacim ve spesifik hacim değerlerinde de buğday ruşeymi en yüksek maya performansı göstermiştir. Aktif soya ununun daha yüksek protein içeriğine sahip olmasına karşılık (Çizelge 1), ruşeymin daha yüksek performans göstermesi muhtemelen, erişilebilirliği yüksek azot içeriği ile açıklanabilir. Buğday ruşeymi, özellikle suda eriyebilir albümin ve globülin bakımından zengin bileşime sahiptir (14).

Simetri: Laboratuvar şartlarında üretilen likit fermentlerden yapılan ekmeklerin simetri değerleri 7.00 ile 8.50 arasında değişmiş, laboratuvar tipi şahit ekmek ise ortalama 9.00 puan olarak belirlenmiştir. Genel olarak, en yüksek simetri puanlama (0-10) değerleri, “% 5 Buğday Ruşeymi + % 10 Tip 850 Un” miksi uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 3). Muhtemelen, ortama ilave edilen un mikslarında (Tip 850 un, buğday ruşeymi ve aktif soya unu), inokulum maya oranı daha uygun koşullarda gelişerek artmış ve çoğalmış, bu artışta ekmek içinde daha sık ve ince gözenek yapısına sebep olarak, daha düzgün simetriye sebep olmuştur (4).

Kabuk rengi: Laboratuvar şartlarında farklı un miksi kullanılarak üretilen likit fermentlerle yapılan ekmeklerin kabuk rengi L değerleri 59.54 ile 65.31, a değerleri 10.16 ile 13.87 ve b değerleri 17.45 ile 20.93 arasında değişmiştir. Direkt usulle üretimi gerçekleştirilen şahit ekmeklerin kabuk renginin L, a ve b değerleri sırasıyla 62.82, 13.68 ve 23.51 olarak tespit edilmiştir. Ekmek kabuk rengi üzerinde (L, a ve b değerleri), laboratuvar şartlarında üretilen likit fermentlerde kullanılan un miksları istatistiki olarak önemli (p<0.01) etkide bulunmuştur. Kabuk rengini etkileyen parametrelerin en önemlisi L (parlaklık) ve a (kırmızılık) değerleridir. Çizelge 3'e göre; laboratuvar şartlarında en istenilir L (parlaklık) ve a (kırmızılık) değerleri, “% 5 Buğday Ruşeymi + % 10 Tip 850 Un” miksları vermiş olup, en düşük veriler “% 15 Tip 550 Un + DAHP + MgSO₄” miksi uygulamalarında elde edilmiştir. Bu sonuç, üretimde kullanılan un miksi ile birlikte Maillard reaksiyonuna giren şekerler ve azotlu maddelerin, ortamdaki artışına işaret etmektedir (6). Aktif soya unu ve buğday ruşeymi başta olmak üzere yüksek protein içeriği, kabuk renginde beklenen renk yoğunluğunu sağlamakta, daha kırmızı renkte kabuk teşekkül etmektedir. Buğday ruşeymi ise kolay eriyebilir şeker ve azotlu madde içeriği yanında, muhtemelen daha zengin enzimatik profili ile Maillard reaksiyonuna daha uygun ortam hazırlamaktadır.

Ekmek İç Özellikleri

Tekstür ve gözenek yapısı: % 3.0 yaş maya katılarak direkt usulle üretimi gerçekleştirilen laboratuvar tipi şahit ekmeklerin tekstür değerleri 8.00, gözenek değerleri ise 8.50 olarak tespit edilmiştir. Laboratuvarında üretimi gerçekleştirilen likit ferment ekmeklerinin ekmek içi tekstür değeri ortalaması 7.50-8.50, gözenek yapısı değerleri 7.00-8.00 arasında değişmiştir. Bu verilere ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4'te özetlenmiştir. Buna göre ferment un miksları ekmek içi tekstür ve gözenek yapısını istatistiki olarak önemli düzeyde etkilememiştir. Dekskriptif olarak, buğday ruşeymi laboratuvar şartlarında en iyi ekmek içi tekstürünü vermiştir. Bu ince tekstür yapısının muhtemelen sebebi, ruşeymin polar lipidlerce zengin olması ile açıklanabilir (14).

İç rengi: Üretilen likit ferment ekmeklerin iç rengi açısından en etkili parametreler L (parlaklık) ve b (sarılık) değerleri olup (4); laboratuvar şartlarında üretimi gerçekleştirilen sıvı fermentlerde kullanılan un miksları L (beyazlık) ve b (sarılık) değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. Farklı un miksi kullanılarak üretilen sıvı fermentlerle yapılan ekmeklerin iç rengi L değerleri 69.24 ile 70.51 ve b değerleri 9.05 ile 13.08 arasında değişmiştir. Direkt usulle üretimi gerçekleştirilen laboratuvar tipi şahit ekmeklerin iç renginin L ve b değerleri de sırasıyla 71.88 ve 10.14 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4'e göre; en istenilir ekmek içi rengi değerlerini aktif soya unu ikameli likit ferment un miksine ait ekmekler vermiştir. Kulp (2), enzimce aktif soya

unun beyaz ekmeğin üretiminde kullanılan başlıca ağartıcı olduğunu bildirmekte, Ertaş ve ark. (7)'da aktif soya ilavesiyle hacim ve iç beyazlığının arttığını bildirmektedir. Ayrıca mikse ilave edilen buğday ruşeymi doğal renginden dolayı, sarılık değerlerini artırmıştır. Buna karşılık en parlak (L) ekmeğin içi, buğday ruşeymi katkılı ferment unu ile elde edilmiştir (Çizelge 4). Ruşeymin bu parlaklık sağlayıcı özelliği, polar lipid içeriğinin yüksekliği ile açıklanabilir (14).

Çizelge 4. Laboratuvar şartlarında farklı un miksi kullanılarak üretilen sıvı fermentlerle yapılan ekmeklerin iç görünüş özelliklerine ait duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

| Fermentte Un Miksi** | n | Tekstür (0-10) | Gözenek (0-10) | İç Rengi | | 24. Saat Sertlik (N/cm ²) | 72. Saat Sertlik (N/cm ²) | |
|----------------------|---|----------------|----------------|-----------|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|
| | | | | L | a | | | b |
| % 15 A + M.G.*** | 2 | 8.000 a | 7.250 a | 69.980 b | -0.575 ab | 10.145 c | 0.330 a | 0.485 a |
| % 15 B + M.G. | 2 | 7.750 a | 7.250 a | 70.005 ab | -0.865 b | 12.075 b | 0.235 b | 0.275 b |
| % 5 B.R. + % 10 B | 2 | 8.250 a | 7.500 a | 70.360 a | 0.110 a | 13.060 a | 0.195 c | 0.255 c |
| % 5 A.S.U. + % 10 B | 2 | 7.750 a | 7.750 a | 69.250 c | -0.335 ab | 9.075 d | 0.215 bc | 0.270 bc |
| ŞAHİT | 6 | 8.000 | 8.500 | 71.880 | -0.540 | 10.140 | 0.210 | 0.290 |

*Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

** A: Tip 550 Un, B: Tip 850 Un, B.R.: Buğday Ruşeymi, A.S.U.: Aktif Soya Unu; *** M.G.: DAHP (Diamonyum Hidrojen Fosfat) + MgSO₄

Ekmeğin içi sertliği: 24. ve 72. saatlerdeki ekmeğin içi sertliği, laboratuvar tipi şahit ekmeklerde ortalama, sırasıyla 0.21 ve 0.29 N/cm² iken, laboratuvar tipi sıvı ferment ekmeklerinde 24. ve 72. saat sertlik değerleri yine sırası ile 0.19-0.34 ve 0.25-0.49 N/cm² arasında değişim göstermiştir. 24. ve 72. saat sertlik değerleri üzerine, laboratuvar şartlarında üretilen sıvı fermentlerde kullanılan un miksleri istatistiki olarak (p<0.01) önemli etkide bulunmuştur. Likit ferment üretiminde kullanılan un miksine ikame edilen (% 5) aktif soya unu, buğday ruşeymi veya tek başına yüksek randımanlı un, Tip 550 una göre, 72. saat sonunda daha az sertlik indeksi vermiştir. Zengin içerikli ferment unu miksleri, ruşeym ve soya unu katkılı olanları daha iyi olmak üzere, daha yumuşak ekmeğin içi sağlamışlardır (Çizelge 4). Dolayısıyla, maya gelişmesini teşvik eden ferment un miksi zenginliği, beraberinde bayatlamayı geciktirici etkide de bulunmaktadır.

TİCARİ ÖLÇEKLİ ÇALIŞMALAR

Ekmeğin Dış Özellikleri

Ağırlık: Ticari şartlarda üretilen likit ferment ekmeklerinin ağırlık değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 5'te verildiği gibidir. Ticari şartlarda üretilen likit fermentlerde, en düşük değerleri, istatistiki olarak birbirinden farksız olan (p<0.05) "% 5 Buğday Ruşeymi + % 10 Tip 850 Un + DAHP + MgSO₄" ve "% 15 Tip 550 + DAHP + MgSO₄" un miksleri vermiştir. Bu sonuçlar laboratuvar şartlarında üretilen likit fermentlerden yapılan ekmeklerin ağırlık değerleriyle paralellik göstermiştir. Düşük ağırlık ekmeğinin daha iyi kabarak içini boşalttığına göstergesidir.

Hacim ve spesifik hacim: Ticari şartlarda üretilen likit ferment ekmeklerinin hacim ve spesifik hacim değerleri sırasıyla, 1245-1900 cc ve 6.22-9.44 cc/g arasında, direkt usul şahit ekmeklerin ise, 1900 cc ve 9.33 cc/g arasında değişmiştir. Çizelge 5'e göre; aktif soya unu özellikle ticari şartlarda ruşeyme eşdeğerinde hacim artışı sağlamış, buna karşılık ekmeğin ağırlığı yüksek çıkmıştır. Spesifik hacmin bayatlamayı geciktirmedeki olumlu etkisi dikkate alındığında, en iyisi ruşeym katkılı ferment unu olmak üzere, ferment unu miksinin zengin besinsel içeriğinin bayatlamayı geciktirdiği sonucu çıkmaktadır. Rafine Tip 550 un ile üretilen ferment, maya performansının düşüklüğüne bağlı olarak çok düşük spesifik hacimde, sıkı gözenekli ekmeğin içi sağlamıştır.

Simetri: Ticari şartlarında üretilen likit ferment ekmeklerinin simetri değerleri 7.25 ile 8.50 arasında değişmiş olup, ticari tip şahit ekmeğin ise ortalama 8.00 puan toplamıştır. Çizelge 5'e göre, laboratuvar denemelerine de paralel olarak, en düşük simetri puanlama (0-10) değerleri, "% 15 Tip 550 Un + DAHP + MgSO₄" miksi uygulamaları sağlarken, ticari şartlarda ise aktif soya ununun daha simetrik ekmeğin yapısı sağlamıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Ticari şartlarda farklı un miksi kullanılarak üretilen sıvı fermentlerle yapılan ekmeklerin dış görünüş özelliklerine ait duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

| Fermentte Un Miksi** | n | Ekmek Ağırlığı (g) | Ekmek Hacmi (cc) | Spesifik Hacim (cc/g) | Simetri (0-10) | Kabuk rengi | | |
|----------------------------|---|--------------------|------------------|-----------------------|----------------|-------------|-----------|-----------|
| | | | | | | L | a | b |
| % 15 A + M.G.*** | 2 | 200.295 c | 1247.500 c | 6.225 d | 7.375 b | 66.395 b | 10.560 c | 29.440 a |
| % 15 B + M.G. | 2 | 209.160 a | 1855.000 b | 8.865 c | 7.750 ab | 68.570 a | 11.410 ab | 27.810 bc |
| % 5 B.R. + % 10 B + M.G. | 2 | 201.400 c | 1900.000 a | 9.435 a | 7.875 ab | 52.770 d | 11.145 b | 28.175 b |
| % 5 A.S.U. + % 10 B + M.G. | 2 | 203.275 b | 1897.500 a | 9.335 b | 8.375 a | 54.175 c | 11.450 a | 28.560 b |
| ŞAHİT | 6 | 203.650 | 1900.000 | 9.330 | 8.000 | 58.480 | 11.050 | 28.130 |

*Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

** A: Tip 550 Un, B: Tip 850 Un, B.R.: Buğday Ruşeymi, A.S.U.: Aktif Soya Unu; *** M.G.: DAHP (Diamonyum Hidrojen Fosfat) + MgSO₄

Kabuk rengi: Ekmek kabuk rengi üzerinde (L, a ve b değerleri), ticari şartlarında üretilen likit fermentlerde kullanılan un miksleri istatistiki olarak (p<0.01) önemli bulunmuştur. Çizelge 5'e göre, en istenilir a (kırmızılık) değerleri, maya gıdası katkılı tip 850 un, aktif soya unu ve buğday ruşeymi ikame edilenlerde tespit edilmiştir.

Ekmek İç Özellikleri

Tekstür ve gözenek yapısı: Direkt usulle üretimi gerçekleştirilen ticari tip şahit ekmeklerin tekstür puanlama değerleri 7.75, gözenek değerleri ise 8.00 olarak tespit edilmiş olup, üretilen likit ferment ekmeklerinin ise tekstür puanlama değerleri 7.50-8.25, gözenek yapısı puanlama değerleri de 7.50-8.50 arasında değişim göstermiştir. Bu verilere ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 6'da özetlenmiştir. Tekstür ekmek içinin parlak, ince gözenekli ve ipeksi yapısını ifade etmekte olup, ticari şartlarda, Tip 850 un ve soya unu en iyi tekstürü sağlamıştır. Buğday ruşeymi, laboratuvar şartlarında en iyi tekstürü vermesine karşılık, muhtemelen bileşimindeki selülozik materyalin fazlalığına bağlı olarak ticari şartlarda düşük değer sağlanmıştır.

İç rengi: Ticari şartlarında farklı un miksi kullanılarak üretilen sıvı fermentlerle yapılan ekmeklerinin iç rengi L değerleri ise; 66.90 ile 70.89 ve b değerleri de 8.00 ile 10.39 arasında değişmiştir. Şahit ekmeklerinin iç renginin L ve b değerleri de sırasıyla 68.23 ve 8.84 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 6'ya göre; laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalara paralellik göstererek en istenilir en beyaz ekmek içi rengi değerlerini aktif soya unu katkılı likit ferment ekmekleri vermiştir (Çizelge 4 ve 6). Sarılık (b) düzeyi en yüksek olanı ise buğday ruşeymi katkılı ferment miksleri olmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Ticari şartlarda farklı un miksi kullanılarak üretilen sıvı fermentlerle yapılan ekmeklerin iç görünüş özelliklerine ait duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

| Fermentte Un Miksi** | n | Tekstür (0-10) | Gözenek (0-10) | İç Rengi | | | 24. Saat Sertlik (N/cm ²) | 72. Saat Sertlik (N/cm ²) |
|----------------------------|---|----------------|----------------|----------|----------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | L | a | b | | |
| % 15 A + M.G.*** | 2 | 7.500 b | 7.500 c | 66.905 c | -0.865 b | 8.540 c | 0.275 a | 0.445 a |
| % 15 B + M.G. | 2 | 8.250 a | 7.875 b | 69.275 b | -0.255 a | 9.095 b | 0.210 b | 0.330 b |
| % 5 B.R. + % 10 B + M.G. | 2 | 7.875 a | 7.500 c | 70.770 a | -0.135 a | 10.350 a | 0.175 bc | 0.300 b |
| % 5 A.S.U. + % 10 B + M.G. | 2 | 8.125 a | 8.500 a | 69.235 b | -0.335 a | 8.035 d | 0.185 c | 0.305 b |
| ŞAHİT | 6 | 7.750 | 8.000 | 68.230 | -1.290 | 8.840 | 0.200 | 0.320 |

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

** A: Tip 550 Un, B: Tip 850 Un, B.R.: Buğday Ruşeymi, A.S.U.: Aktif Soya Unu;

*** M.G.: DAHP (Diamonyum Hidrojen Fosfat) + MgSO₄

Ekmek içi sertliği: 24. ve 72. saatlerdeki ekmek içi sertliği, ticari tip şahit ekmeklerde ortalamaları, 0.20 ile 0.32 N/cm²'ye yükselirken; ticari tip sıvı ferment ekmeklerinde 24. ve 72. saat sertlik değerleri yine sırası ile 0.18-0.28 ve 0.30-0.45 N/cm² arasında değişmiştir. Bu sonuçlar da laboratuvar çalışmalarına paralellik göstermiştir (Çizelge 4 ve 6).

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Araştırmamızda, gerek laboratuvar gerekse ticari şartlarda üretilen likit fermentlerde maya kullanımı 1/3'e düşürülerek, maya kullanımından tasarruf edilmiştir.
2. Ferment un miksine % 5'lik ikame şeklinde katılan azot kaynaklarından buğday ruşeymi daha hacimli ve simetrik somun yapısı, daha iyi ekmek içi tekstürü ve parlak ekmek içi rengi sağlamıştır. Aktif soya unu ise hacim yanında ekmek verimini de artırmış; özellikle ticari şartlarda, buğday ruşeymine göre daha iyi tekstür ve beyazlıkta ekmek içi vermiştir. Her iki doğal azot kaynağı da kabukta renk intensitesini artırmıştır. Ticari şartlarda üretilen maya muhtemelen mekanizasyondan zarar görmüş, laboratuvar şartlarına göre performans düşmüş, ancak maya gıdası ilavesi ile telafi edilebilmiştir.
3. Sonuç olarak havalandırılmalı likit un fermenti kullanılarak mayadan tasarruf edilebileceği, maya performansını artırmada maya gıdası yerine buğday ruşeymi ve aktif soya unu gibi azot kaynakları kullanılarak daha ucuz ve doğal katkılarla likit ferment üretiminin gerçekleştirilebileceği görülmüştür.
4. Geliştirilen likit fermentle Türk tipi ekmek üretim prosesi, buğday ruşeymi kullanılarak esmer iç rengi sebebiyle tam tahıl unu ekmeklerinde, aktif soya unu ise beyaz iç rengine sahip lüks ekmeklerin üretiminde rahatlıkla kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Bu yolla ferment üretiminde, mineral maya gıdası ve melas gibi sanayi atıklarının kullanılmaması, çevreye zarar verecek bir atığın söz konusu olmaması, organik (natürel) ekmek yapımı için uygun bir metot olabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. Elgün A, Ertugay Z. 1995. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 297, Erzurum.
2. Kulp K. 1983. Technology of Brew Systems in Bread Production. Bakers Digest 57 (6): 20-23.
3. Bilgiçli N. 2000. Melaslı Besin Ortamında Ekmek Mayası Üretim Parametrelerinin Tespiti ve Sıvı Mayanın Likid Ferment Sistemi ile Ekmek Yapımında Kullanılma İmkanları. Yüksek Lisans Tezi, S 46. Selçuk Üni. Fen Bil. Ens. Gıda Müh. Anabilim Dalı, Konya.
4. Demir MK, Elgün A, Bilgiçli N. 2006. Sıvı Ferment Yöntem ile Ekmek Üretiminde Kullanılan Maya (*Saccharomyces cerevisiae*) Performansına Katkı Maddeleri ve Ortam Şartlarının Etkisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın Organı 31 (6):303-310.
5. Türker S, Elgün A, Akın N, Akbulut M. 1997. Klasik Ekmek Yapım Metoduyla Likid Ferment Uygulamasının Mekanizasyonu Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üni. Araştırma Projeleri No:97/006, Konya.
6. Pyley EJ. 1988. Baking Science and Technology. 3rd ed. Sosland Publishing Company, Kansas.
7. Ertaş N, Bilgiçli N, Türker S. 2006. Aktif Soya Unu, Glukoz Oksidaz ve Lipaz Enzim Katkılarının Un, Hamur ve Ekmek Özelliklerine Etkisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın Organı 31 (3):143-149.
8. Shurpalekar SR., Rao, PH. 1977. Wheat Germ. In Adveces In Food Research Edited by Chichester C.O. Mark E.M. and Stewart G.F Academic Pres Newyork V:23, 188-273.

9. Canbař A. 1995. Ekmek Mayacılığı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:22, Ankara.
10. Elgün A., Ertugay Z, Seękin R. 1985. Farklı Özelliklerde Elde Edilen Malt Unu Katkılarının Ekmeğin Kalitatif ve Aromatik Özelliklerine Etkisi Üzerine Araştırmalar. Doęa 10 (I): 70-79.
11. Anonymous 1990. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists, U.S.A.
12. Düzgüneř O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları no:295, Ankara.
13. Elgün A, Türker S, Bilgiçli, N. 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası Yayınları. Yayın No:2, Konya.
14. Pomeranz Y. 1988. Wheat Chemistry and Technology. AACC. St. Paul, Minessota, U.S.A.