

SIVI FERMENT YÖNTEMİ İLE EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILAN MAYA (*Saccharomyces cerevisiae*) PERFORMANSINA KATKI MADDELERİ VE ORTAM ŞARTLARININ ETKİSİ

THE EFFECT OF ADDITIVES AND THE MEDIUM CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF BAKERS' YEAST (*Saccharomyces cerevisiae*) USED IN BREADMAKING WITH LIQUID FERMENT METHOD

M. Kürşat DEMİR¹, Adem ELGÜN, Nermin BİLGİÇLİ

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

ÖZET: Bu çalışmada, farklı katkılama ve ortam şartlarında üretilen sıvı-un fermentinde kullanılan maya (*S.cerevisiae*) performansının artırılması amaçlanmıştır. Denemelerde, 100 gram un esasına göre; ferment hazırlamada üç farklı yaş maya miktarı (% 0.75, 1.0 ve 1.5) ve iki farklı un oranı (% 10 ve 15) ile optimum seviyelerde üç farklı maya gıdası "Diamonyum hidrojen fosfat (DAHP)", " $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KH}_2\text{PO}_4$ " ve "DAHP + MgSO_4 " kombinasyonları kullanılmıştır. Üretilen sıvı ferment örnekleri, ekmek yapımında kullanılmış ve sıvı fermentte kullanılan maya performansını ölçmede parametre olarak ekmeğin dış (ağırlık, hacim, spesifik hacim, simetri ve kabuk rengi) ve iç (tekstür, gözenek yapısı, renk ve sertlik) özellikleri kullanılmıştır. Bu ekmekler, % 3 yaş maya ile direkt usulle üretilen şahit ekmeklerle karşılaştırılmıştır.

"DAHP + MgSO_4 " kombinasyonu, % 15'lik ferment un miktardan ve artan maya düzeyleri; kabuk rengi ve simetri özellikleri dışında, tüm ekmek özelliklerini geliştirmiştir. Sıvı fermentte % 15 un ve % 1.5 maya ilavesi ile "DAHP + MgSO_4 " maya gıdası kombinasyonu; % 3 maya ile direkt usulde üretilen şahit ekmeklere göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. Aynı şartlarda % 1 maya ile üretilen sıvı ferment, şahit ekmeklere eşdeğerde performans göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Ekmek mayası, *Saccharomyces cerevisiae*, sıvı ferment, maya gıdası

ABSTRACT: In this study, it was aimed to increase the performance of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) used in liquid-flour ferment which was produced in various additive and medium conditions. In the experiments, based on 100 g flour use, three yeast inoculation levels (0.75, 1.0 and 1.5 %), two flour replacement levels (10 and 15 %) and three yeast food combinations "Diamonium hydrogen Phosphate (DAHP)", " $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KH}_2\text{PO}_4$ " and "DAHP + MgSO_4 " at optimum levels obtained with pre-experiments were used as factors. The liquid ferment samples were used in breadmaking. As parameters, the external (loaf weight, volume, specific volume, symmetry and crust color) and the internal (crumb texture, porosity, color and compressibility) properties of the breads were measured. These breads were compared with control bread obtained by straight dough method with 3 % compressed yeast addition.

The "DAHP + MgSO_4 " combination and the 15 % ferment flour and increasing yeast levels enhanced the all bread properties apart from the crust color and symmetry. 15 % ferment flour and 1.5 % yeast inoculation with "DAHP + MgSO_4 " yeast food combination gave the most satisfactory results than the control breads made by straight dough method with 3 % bakers' yeast addition. The breads made of the liquid ferment prepared with 1 % yeast addition gave similar results to those of the controls.

Key words: Baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, liquid ferment, yeast foods

GİRİŞ

Ekmek yapımında kullanılan sıvı ferment sistemleri; sıvı sponge, brew, broth ve preferment olarak da adlandırılmaktadır (1). Sıvı ferment sisteminin esası; sıvı bir ortam vasıtasıyla, hamur fermentasyonunun düzenlenmesi ve desteklenmesidir. Yaş maya yerine sıvı ferment sisteminin kullanılmasıyla, üretim maliyeti

¹ E-posta: kdemir@selcuk.edu.tr

düşmekte, üniform, kaliteli ve ince gözenek yapısına sahip geç bayatlayan ürünler elde edilmekte, işgücü, yer ve zaman tasarrufu, üstün sanitasyon ve işleme toleransı sağlamaktadır (2, 3).

Ekmek mayası üretiminde şeker kaynağı olarak uygun ve yeterli miktarda substrat (melas, ham şeker, nişastalı maddeler, çeşitli hububatlar, patates ve mısır), havanın ve azotlu maddelerin ortamda bulunması gerekir (1,4,5). Azot kaynağı olarak, amonyak, amonyum sülfat veya uygun amonyum tuzları; fosfor kaynağı olarak amonyum fosfat tuzlar, magnezyum kaynağı olarak da magnezyum sülfat kullanılmaktadır (5,6). Sıvı ferment sistemlerinde maya aktivasyonu için maya gıdası olarak; Diamonyum fosfat, potasyum sülfat ve kalsiyum karbonat kombinasyonu yaygın olarak (1), ayrıca potasyum bromat (7) ve kalsiyum propiyonat ile yağsız süt tozu kombinasyonları önerilmektedir (2). Yapılan araştırmalar, hamur veya sıvı fermentasyon sırasında maya çoğalmasının hücre sayısı olarak ancak %26 ile % 88 arasında artırdığını ortaya koymaktadır (1,8). Sıvı ferment sistemlerinde, ferment üretimi su ve un ortamında gerçekleştirilebilmekte ve üretim ortamına göre un fermenti yada su fermentleri olarak adlandırılmaktadır.

1950'li yıllarda unsuz su fermentleri kullanılırken, daha sonraki yıllarda tüketici eğilimlerine bağlı olarak çeşitli oranlarda un içeren unlu sıvı fermentler kullanılmıştır (9). Ertugay ve ark. (2) farklı oranda un (% 0, 10, 30 ve 50) içeren fermentlerle ekmek üretimi gerçekleştirmişler ve %10 un katkısı ile hazırlanan ekmeklerin sponge hamur ekmeğine eşdeğer özellikte ekmek kalitesi verdiğini belirlemişlerdir.

Türker (10) "maya üretimi-sıvı ferment" kombinasyonunun laboratuvar şartlarında dizayn edilen bir fermentörde % 10 un katkılı sıvı ferment sistemini başarı ile uygulayarak, maya aktivitesini 4 saatlik bir üretim süresi sonunda 4 kata kadar artırılabilirliğini ve sıvı ferment yöntemi ile ekmek üretiminin gerçekleştirilebildiğini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, teknik yaş mayadan, un ortamında üretilen sıvı fermentin, sıvı ferment sisteminde değerlendirilerek, kullanılan maya miktarından tasarruf edilmesi ve ekmek yapımının hızlandırması amaçlanmıştır. Bu amaçla, üç farklı maya gıdası, farklı oranlarda un ve maya katkısı sıvı ferment üretiminde kullanılmış, maya performansını belirlemede parametre olarak üretilen ekmeğin kantitatif ve kalitatif özellikleri değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Sıvı ferment üretiminde piyasadan sağlanan Tip 550 ekmeklik buğday unu, malt unu (Efes Pilsen Konya Malt Fabrikası), fungal alfa amilaz (Amylase AO11P-Vatan Gıda Ltd. Şti), ticari DAHP (Diamonyum hidrojen fosfat) (CarloErba), NH_4Cl (Kimetsan), KH_2PO_4 (Merck) ve MgSO_4 (Merck) kullanılmıştır. Ekmek denemelerinin hamur aşamasında, Tip 550 un, 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 (11).

Yöntem

Deneme planı ve istatistik analizler

Deneme; ferment hazırlamada üç farklı maya gıdası "Diamonyum hidrojen fosfat" (DAHP), " $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KH}_2\text{PO}_4$ " ve " $\text{DAHP} + \text{MgSO}_4$ ", iki farklı un seviyesi (% 10 ve 15) ve üç farklı maya oranı (% 0.75, 1.0 ve 1.5) kullanılarak, 2 tekrerrülü olarak kurulmuş ve "3x2x3x2" faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırmada elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıkları önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (12).

Fermentör dizaynı

Maya üretiminin gerçekleştirildiği laboratuvar tipi fermentör tarafımızdan geliştirilmiş olup, 2 litre hacminde, çift cidarlı ve cam gövdeli olup, kapak ve destek kısımları paslanmaz çelikten yapılmış; sıcaklık, pH ve havalandırma sürekli kontrol donanımlarına sahiptir. Kontrolde, portatif bir pH-metre (WTW-315i/set), debisi ayarlanabilen hava pompası (Rambo-EP 8500) ve termometre kullanılmıştır. Fermentör gömleğinin sıcaklık kontrolü, sirkülasyonlu ve termostatlı bir su banyosu (Poly Science-910) yardımıyla sağlanmıştır.

Besin ortamının hazırlanması ve sıvı ferment üretimi

Sıvı ferment üretimi 600 g'lık un partileri halinde gerçekleştirilmiştir. 100 g un esasına göre sıvı ferment formülasyonları Çizelge 1'de verilmiştir. Ferment üretiminde kullanılacak olan un (%10 ve 15) % 60 su ilavesiyle bulamaç haline getirilip, 1 N HCl ile ortam asitliği pH 5'e ayarlanmıştır (13). Fungal alfa amilaz, malt unu, diamonyum hidrojen fosfat (DAHP), amonyum klorür (NH₄Cl), magnezyum ve kükürt kaynağı olarak magnezyum sülfat (MgSO₄), potasyum ve fosfor kaynağı olarak da potasyum dihidrojen fosfat (KH₂PO₄), besin ortamına Çizelge 1'de belirtilen oranlarda faktöriyel deneme deseni dikkate alınarak ilave edilmiştir. İnokulum olarak ise, ekmeğin yapımı için gerekli maya miktarının (% 3.0) dördte biri (% 0.75), üçte biri (% 1.0) veya ikide birinin (% 1.5) ilavesi ile, sıvı ferment üretimi gerçekleştirilmiştir. Sıvı ferment üretim sıcaklığı, pH, karıştırma hızı, havalandırma debisi ve üretim süresi bir seri ön denemelerle tasarlanan ferment miktarı ve hazırlanan fermentör için optimize edilmiştir. Buna göre; fermentin sıcaklığı 30°C'ye ve pH'sı 5'e ayarlanmış, fermentör ise 400 rpm hızda ve sürekli (ortalama 0.4 m³/saat hava debisi) havalandırılarak ve 2.5 saat süreyle karıştırılan üretim ortamından en yüksek performans sağlanmıştır.

Çizelge 1. Sıvı ferment formülasyonu*

Hamur Unsurları	Sıvı Ferment Aşamasında	Hamur Aşamasında	Toplam	Şahit Ekmeği (Direkt Hamur)
Un (g)	10/15	90/85	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)	0.75/1.0/1.5	-	0.75/1.0/1.5	3.0
DAHP (g)	0.2/0.17/0.13	-	0.2/0.17/0.13	-
NH ₄ Cl (g)	0.43/0.38/0.28	-	0.43/0.38/0.28	-
KH ₂ PO ₄ (g)	0.18/0.16/0.12	-	0.18/0.16/0.12	-
MgSO ₄ (g)	0.01/0.008/0.006	-	0.01/0.008/0.006	-
DATEM (g)	-	0.3	0.3	0.3
L-Askorbik Asit(ppm)	-	75	75	75

*100 g un esasına göre.

Ekmeğin pişirme denemeleri

Ekmeğin pişirme denemelerinde direkt pişirme metodu (AACC 10-10) Türk usulü ekmeğe ve sıvı ferment sistemine modifiye edilerek kullanılmıştır. Bunun için, söz konusu sıvı ferment örnekleri; Çizelge 1'de verildiği gibi, toplam 100 g un esasına göre ilave % 85-90 un karıştırılarak, kalan % 2 su, %1.5 tuz, % 0.3 DATEM ve 75 ppm L-askorbik asit ile olgun hamur elde edilene kadar yoğrulmuştur. Bu hamurlar, % 80-90 nispi nemde ve 30°C sıcaklıkta 30 dakika kitle fermantasyonuna bırakılmış, katlanıp havalandırılarak 60 dakika süreyle 40°C'de son fermantasyona tabi tutulmuş, 235±5°C'de 15 dakika pişirilmiştir. Ekmeğin 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 (14). Elde edilen ekmeğin paralellerinden biri 24 saat, diğeri 72 saat sonra sertlik ölçümü (biyolojik tekstür analiz test ünitesi) yapılarak, sonuçlar Newton/cm² (N/cm²) cinsinden ifade edilmiştir (11). Ekmeğin örneklerinin kabuk ve iç renkleri (L, a ve b) Minolta CR 300 cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Şahit ekmeğin yapımında likid sistemdeki katkıları karşılayacak şekilde % 0.01 fungal alfa amilaz, % 0.33 malt unu, % 0.3 DATEM ve 75 ppm L-Askorbik asit ve % 3 yaş maya ile direkt hamur usulü kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan unun; su (AACC 44-19), protein (AACC 46-12) ve kül (AACC 08-03) miktarları ile gluten ve gluten indeks değerleri (AACC 38-12), Zeleny sedimentasyon testi (AACC 56-60) Anon. (15)'a göre belirlenmiştir.

Çizelge 2. Sıvı ferment ile ekmele üretiminde kullanılan Tip 550 una ait analiz sonuçları

	Su (%)	Kül* (%)	Protein** (%)	Zeleny Sedimentasyon (cc)	Yaş Gluten (%)	Gluten İndeks (%)
Buğday unu	12.3	0.49	12.10	38	29.3	95.6

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

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Ekmek Dış Özellikleri

Ekmek Ağırlığı: Şahit ekmekle elde edilen ortalama 140.61 g'lık ekmele ağırlığına karşılık, sıvı fermentle yapılan ekmeklerin ağırlıkları 139.29 – 142.51 g arasında değişmiştir (Çizelge 3). Maya gıdaları karşılaştırıldığında en düşük ekmele ağırlığı ortalaması (140.670 g) "DAHP + MgSO₄" ile üretilen sıvı fermentte elde edilmiştir (Çizelge 5). Ekmele ağırlığındaki önemli (p<0.01) düşüş fermentasyonun hızlandığına, maya aktivitesinin ve gaz üretiminin yükseldiğine işaret etmektedir (3). % 15 un içeren sıvı ferment ile yapılan ekmeklerin ağırlık ortalamalarının, % 10 un içerenlere göre daha düşük olduğu Çizelge 5'te görülmektedir. Bu durum fermentteki un miktarının atışıyla birlikte, fermentasyon hızının da arttığını göstermektedir (9). Sıvı ferment sisteminde kullanılan maya oranının artması, fermentasyonda kuru madde ve buharlaşma kayıplarını da artırarak, ekmele ağırlığını düşürmüştür (Çizelge 5). Fermente kullanılan "Un oranı x Maya oranı" interaksyonu, istatistiki bakımdan önemli (p<0.05) bulunmuş olup, ekmele ağırlığı, özellikle "DAHP + MgSO₄" katkı örneklerde 139,29 g'a kadar düşmüştür (Çizelge 3). Sıvı ferment sistemlerinde artan maya inokulasyonunun, fermentasyonu hızlandırıcı etkisi bilinen bir husustur (1).

Çizelge 3. Sıvı ferment ile üretilen ekmeklerin bazı dış görünüş özellikleri*

Maya Gıdası	Un Oranı (%)	Maya Miktarı (%)	Ekmele Ağırlığı (g)	Ekmele Hacmi (cc)	Spesifik Hacim (cc/g)	Simetri (0-10)	Kabuk Rengi		
							L	a	b
DAHP**	10	0.75	142.32	648	4.55	6.63	67.27	9.56	32.32
		1.0	141.27	666	4.71	7.13	60.71	10.66	32.28
		1.5	140.27	700	4.99	7.50	63.62	10.82	36.17
	15	0.75	141.15	680	4.81	7.00	65.05	9.58	32.37
		1.0	140.24	695	4.95	7.50	63.49	11.33	30.86
		1.5	139.51	779	5.58	8.50	63.80	12.26	31.63
NH ₄ Cl + KH ₂ PO ₄	10	0.75	142.51	651	4.57	7.75	73.60	9.58	27.66
		1.0	141.83	668	4.70	7.75	65.06	10.16	32.65
		1.5	140.41	699	4.97	8.38	58.68	12.68	35.04
	15	0.75	141.40	700	4.95	8.00	51.32	12.04	25.00
		1.0	140.75	738	5.25	8.00	59.72	12.33	33.62
		1.5	139.89	778	5.55	8.38	59.51	13.91	30.05
DAHP + MgSO ₄	10	0.75	142.12	647	4.55	7.50	58.24	8.38	31.51
		1.0	141.48	692	4.89	7.50	65.61	9.64	30.60
		1.5	140.07	741	5.29	8.00	65.78	10.41	31.47
	15	0.75	140.70	740	5.26	7.13	56.87	9.42	28.12
		1.0	140.37	754	5.36	7.25	66.52	10.33	29.18
		1.5	139.29	788	5.66	8.00	64.49	13.36	30.46
Şahit n=6		3.0	140.61	764	5.43	8.16	64.55	11.51	34.95

* Değerler 2 tekrerrün ortalamasıdır.

** DAHP: Diamonyum hidrojen fosfat

Un fermentlerinde, ortamda oluşan tampon etki ile fermentasyon performansının artmakta Kulp (7), artan maya inokulasyonu ile birlikte sinerjistik etkide bulunmaktadır.

Ekmek hacmi ve spesifik hacim: Üretilen sıvı fermentlerden yapılan ekmeklerin hacim ve spesifik hacimleri sırasıyla; 647-788 cc ve 4.55-5.66 cc/g arasında değişmektedir. Burada fermentte kullanılan, artan un ve maya oranları ile " DAHP + MgSO₄" maya gıdası katkısının sinerjistik etkisi sözkonusu olup, " Un Oranı x Maya Oranı x Maya Gıdası" interaksyonu p< 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çizelge 3'ten izlenebileceği gibi, sıvı ferment üretiminde kullanılan her üç maya gıdası kombinasyonunun, % 15 un katkısı ve %1.5 maya oranında,

% 3 maya katkılı şahit ekmeklerden daha yüksek hacim verdikleri görülmektedir. Bilgiçli (13), melas ortamında üretilen sıvı 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, denememizde kullanılan un fermentinin, melas ortamına göre daha yüksek ekmek hacmi, dolayısıyla daha fazla maya performansı gösterdiğine işaret etmektedir. Bunlara ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 5'te özetlenmiştir. Kullanılan maya gıdaları arasında DAHP'in tek başına kullanımı en düşük, MgSO₄ ile kullanımı ise en yüksek hacim değerlerini vermiştir. Aynı sonuç spesifik hacim değerinde de elde edilmiştir. Burada, maya performansı açısından DAHP ve MgSO₄'ün sinerjistik etkileri sözkonusudur. Maya üretiminde ortam koşullarının iyileştirilmesi ve maya gelişiminin artırılması için amonyum tuzlarına ilaveten magnezyum sülfat ilavesinin gerekli olduğunun bildirilmesi (5) bu sonucu doğrulamaktadır. % 15 un içeren sıvı fermentlerde, % 10'a göre daha yüksek hacim değerleri elde edilmiştir. Genel olarak sıvı ferment üretiminde kullanılan un oranı arttıkça, fermantasyon süresi kısalmış ekmek hacmi artırmaktadır (1,7,8). Bu da maya aktivitesinin daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Kulp (7) sıvı fermente katılan un miktarı arttıkça, proof süresinin kıaldığını bildirmektedir. Üretilen sıvı fermentlere katılan maya oranı arttıkça, bu sıvı fermentlerden yapılan ekmeklerin ağırlıkları düşerken, hacim ve spesifik hacimleri de doğal olarak (Çizelge 5) artış göstermiştir. Hızlandırılmış ve acil ekmek yapım sistemlerinde, fermantasyonu hızlandırmak amacıyla maya katkısı % 7'ye kadar artırılabilir (1). Aynı husus sıvı ferment sistemleri için de geçerlidir (9).

Simetri: Üretilen sıvı fermentlerden yapılan ekmeklerin simetri değerleri 6.63 ile 8.50 arasında değişmiş, şahit ekmekte ise ortalama 8.16 puan olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). "NH₄Cl + KH₂PO₄" maya gıdası kullanılan sıvı ferment ekmekleri duyuşal değerlendirmede, en yüksek hacim değeri sağlayan "DAHP + MgSO₄" maya gıdası kombinasyonuna göre daha yüksek simetri puanı toplamıştır (Çizelge 5). % 10 ve 15 un katkılı sıvı mayalardan üretilen ekmeklerin simetri değerleri istatistiki olarak (p<0.05) farksız bulunmuştur (Çizelge 5). % 0.75, 1.0 ve 1.5 maya oranlarında ise sırasıyla; 7.333, 7.521 ve 8.125'lik artan ortalama simetri puanları alınmış, artan maya oranı muhtemelen ortama ilave edilen maya hücresi sayısını artırmış, bu da daha sık ve ince gözenek yapısına sebep olarak, daha düzgün simetriye sebep olmuştur. Maya dışındaki, hacim artışını tayin eden faktörler, aksine simetride bozulmalara sebep olmuştur (Çizelge 5). Bu da genellikle, daha yüksek hacim verimi sebebiyle tava dışına tek taraflı taşma veya yarılmalar şeklinde görülmüştür.

Kabuk rengi: Üretilen sıvı fermentlerden yapılan ekmeklerin kabuk rengi L değerleri 51.32 ve 73.60 arasında, a değerleri 8.38 ve 13.91 arasında, b değeri ise 25.00 ve 36.17 arasında değişmiştir (Çizelge 3). Kabuk renginde en etkili parametre "a" (kırmızılık) değeri olup, şahit ekmeklerin a değerleri ortalaması 11.51 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3' te görüldüğü gibi, sistemdeki bazı kombinasyonlar, şahite göre daha cazip kabuk renkleri vermişlerdir. Maya gıdası, fermentteki un ve maya oranı faktörlerinin, üretilen ekmeklerin kabuk rengi (L, a, b) değerleri üzerindeki etkileri önemli (p<0.01) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; DAHP en yüksek "L ve b" değerini, "NH₄Cl + KH₂PO₄" kombinasyonu ise en yüksek "a" yani kırmızılık değeri ortalamalarını vermiştir (Çizelge 5). Maya üretiminde kullanılan, fermentte un oranlarının kabuk rengi özelliklerine etkisi incelendiğinde, % 15 un katkılı sıvı fermentlerde, L değeri (61.193) ve b değeri (30.141) daha düşük, a değeri (11.617) ise daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 5). Sıvı ferment üretiminde kullanılan maya miktarı arttıkça genel olarak ekmek kabuğunda L, a ve b değerleri artış göstermiştir (Çizelge 5).

Ekmek kabuk rengi oluşumunda etkili olan en önemli faktörler karamelizasyon ve Maillard reaksiyonlarıdır. Dekstrinizasyon sonucu oluşan eriyebilen şekerler, Maillard ve karamelizasyon olayları sonucu kırmızı-esmer parlak renge, dekstrinler ise parlak yüzey oluşumuna neden olurlar (1). Artan un ve maya aktivitesi sonucunda bu karamelizasyon ve Maillard mekanizmaları da hızlanmıştır. %15 un ve % 1.5 maya katkısı en yüksek kabuk rengi intensitesini sağlarken; (Çizelge 3), maya gıdaları arasındaki farklılığı da en düşük düzeye indirgemıştır.

Daha yüksek maya performansı veren "DAHP + MgSO₄" kombinasyonunun daha açık kabuk rengi vermesi (Çizelge 5), muhtemelen oluşan serbest şekerin hacim artışına yönelik olarak maya tarafından kullanılması, esmerleşme reaksiyonları için kalan artık şeker miktarının daha düşük olması ile açıklanabilir (8).

Ekmek İç Özellikleri

Tekstür ve gözenek yapısı: % 3 mayalı şahit ekmeğin ekmeğin içi tekstür değeri ortalaması 8.29 iken, sıvı ferment sistemiyle üretilen ekmeklerin verdiği değerler 5.63 ile 8.88 arasında değişmiştir (Çizelge 4). Üretilen sıvı fermentlerden yapılan ekmeklerin organoleptik olarak değerlendirilen (0-10 puan) tekstür ve gözenek özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Fermentte kullanılan maya gıdası, un oranı ve maya oranı faktörleri üretilen ekmeklerin iç tekstürü ve gözenek yapısı üzerindeki etkileri önemli (p<0.01) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 6'da özetlenmiştir. Fermente katılan un ve maya oranı arttıkça tekstür ve gözenek yapısı düzelmiştir (Çizelge 6). Ancak maya gıdası katkılarından "DAHP + MgSO₄" en iyi tekstürü sağlarken, iri gözenek yapısı sebebiyle, "NH₄Cl + KH₂PO₄" kombinasyonuna göre daha düşük gözenek puanları vermiştir (Çizelge 4 ve 6). Gözenekli ekmeğin iç yapısı Türk tipi ekmeğin yapımında, genellikle arzu edilen bir özelliktir. Gözenek dikkate alınmadığında, tekstürü düzeltmede en etkili maya gıdası kombinasyonu ise, "DAHP + MgSO₄" olmaktadır (Çizelge 4). Bu özellik varyans analizinde p<0.01 düzeyinde önemli " Maya Gıdası x Un Oranı x Maya Oranı" interaksiyonu ile teyid edilmiştir (Çizelge 4 ve 6). Bu kombinasyon ile 8.88 puan ile en yüksek tekstür değeri elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Sıvı ferment ile üretilen ekmeklerin bazı iç görünüş özellikleri*

Maya Gıdası	Un Oranı (%)	Maya Miktarı (%)	Tekstür (0-10)	Gözenek (0-10)	İç Rengi			Sertlik (N/cm ²)	
					L	a	b	24. saat	72. saat
DAHP**	10	0.75	6.88	6.75	69.55	-1.30	13.23	0.52	0.93
		1.0	7.38	7.13	70.19	-1.48	12.50	0.38	0.83
		1.5	8.00	7.88	70.37	-1.43	11.63	0.33	0.67
	15	0.75	7.00	6.75	71.44	-1.38	12.16	0.44	0.87
		1.0	7.63	7.38	71.62	-1.49	11.32	0.36	0.71
		1.5	8.13	8.13	72.02	-1.18	10.60	0.31	0.57
NH ₄ Cl + KH ₂ PO ₄	10	0.75	5.63	5.88	66.25	-0.89	12.87	0.43	0.73
		1.0	6.88	6.88	66.84	-1.38	12.15	0.40	0.71
		1.5	7.63	8.00	68.48	-1.43	11.80	0.31	0.61
	15	0.75	7.00	7.63	68.71	-1.42	11.34	0.33	0.66
		1.0	7.25	7.88	69.53	-1.35	10.52	0.30	0.56
		1.5	8.13	8.25	70.29	-1.30	9.76	0.25	0.28
DAHP + MgSO ₄	10	0.75	6.63	6.50	65.22	-1.28	13.09	0.58	0.75
		1.0	7.25	6.88	66.77	-1.21	11.68	0.50	0.69
		1.5	8.25	7.13	67.30	-1.22	11.19	0.36	0.60
	15	0.75	8.00	6.50	67.79	-1.09	10.76	0.38	0.52
		1.0	8.63	7.38	69.52	-1.17	9.75	0.34	0.49
		1.5	8.88	8.00	72.84	-1.29	9.66	0.24	0.31
Şahit n=6		3.0	8.29	8.12	71.52	-1.36	11.73	0.30	0.51

* Değerler 2 tekrarin ortalamasıdır.

** DAHP: Diamonyum hidrojen fosfat

Sonuçlar maya performansını artıran sıvı ferment şartlarının, ekmeğin hacmi ve spesifik hacim yanında, ekmeğin içi tekstürü üzerinde de olumlu etkide bulunduğu göstermektedir (1,2,7).

Ekmek içi rengi: Üretilen ekmeklerin iç rengi açısından etkili parametreler L (beyazlık) ve b (sarılık) değerleri olup; maya gıdası, un oranı ve maya oranı faktörleri bu renk değerlerinin üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. % 3 maya katkılı şahit ekmekler ortalama 71.52 "L" değeri, 11.73 "b" değeri verirken, un fermenti ekmeklerinin iç rengi değişim aralıkları L (65.22-72.84) ve b (9.66-13.23) arasında olmuştur. Sıvı ferment üretiminde maya gıdalarının, ekmeğin iç renginin L (beyazlık) değeri üzerine etkisi incelendiğinde; en yüksek L değeri, yalnız başına DAHP maya gıdası kullanımıyla elde edilmiştir (Çizelge 6). % 15 un katkılı sıvı fermentlerde, yüksek L (70.418) ve düşük b (sarılık) değeri (10.650) elde edilmiştir (Çizelge 6). Buna göre; sıvı ferment üretiminde kullanılan un oranındaki artış, ekmeğin iç rengini olumlu yönde etkilemiştir. Su içeriği yüksek fermentlerle üretilen ekmeklerin; iç beyazlığı, ağız hassasiyeti ve kabuk rengi

Çizelge 5. Üretilen sıvı ferment ile yapılan ekmeklerin dış özelliklerine ait duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

Faktör	Oran(%) / Çeşit	n	Ekmek Ağırlığı (g)	Ekmek Hacmi (cc)	Spesifik Hacim (cc/g)	Simetri (0-10)	Kabuk Rengi		
							L	a	b
Maya Gıdası	DAHP**	12	140.792 ab	694.583 c	4.930 c	7.375 b	63.988 a	10.699 b	32.603 a
	NH ₄ Cl+KH ₂ PO ₄	12	141.051 a	705.250 b	4.997 b	8.042 a	61.313 b	11.782 a	30.666 b
	DAHP+MgSO ₄	12	140.670 b	726.833 a	5.165 a	7.563 b	62.914 a	10.256 c	30.222 b
Un Oranı (%)	10	18	141.362 a	678.944 b	4.800 b	7.569 a	64.283 a	10.208 b	32.187 a
	15	18	140.313 b	738.833 a	5.261 a	7.750 a	61.193 b	11.617 a	30.141 b
Maya Oranı (%)	0.75	12	141.698 a	677.583 c	4.779 c	7.333 b	62.058 b	9.757 c	29.494 c
	1.0	12	140.910 b	701.833 b	4.976 b	7.521 b	63.517 a	10.740 b	31.528 b
	1.5	12	139.904 c	747.250 a	5.337 a	8.125 a	62.641 ab	12.240 a	32.468 a

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

bakımından daha az kabul görmektedir (2). Sıvı ferment üretiminde kullanılan maya oranları arttıkça, daha beyaz ekmeğin elde edilmiştir (Çizelge 6). Ekmeğin içi beyazlığı, ekmeğin içi tekstürüne paralel olarak değiştiği görülmektedir (Çizelge 3,4,5 ve 6). Maya gıdası faktörü hariç, diğer tekstürü inceltiren faktörler, iç beyazlığı (b) ve parlaklığını (L) da artırmıştır. Özellikle DAHP katkısı tek başına en sarı ekmeğin içi örneklerini vermiştir. Buna karşılık MgSO₄ ilavesi ile en beyaz ekmeğin içi elde edilebilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Üretilen sıvı fermentler ile yapılan ekmeklerin iç özelliklerine ait duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

Faktör	Oran(%) / Çeşit	n	Tekstür (0-10)	Gözenek (0-10)	İç Rengi		Sertlik (N/cm ²)		
					L	b	24. saat	72. saat	
Maya Gıdası	DAHP**	12	7.500 b	7.333 ab	70.862 a	-1.373 b	11.905 a	0.389 a	0.760 a
	NH ₄ Cl+KH ₂ PO ₄	12	7.083 c	7.417 a	68.347 b	-1.292 ab	11.406 b	0.333 b	0.589 b
	DAHP+MgSO ₄	12	7.938 a	7.083 b	68.243 b	-1.208 a	11.020 c	0.398 a	0.558 c
Un Oranı (%)	10	18	7.167 b	7.000 b	67.882 b	-1.287 a	12.237 a	0.422 a	0.722 a
	15	18	7.847 a	7.556 a	70.418 a	-1.295 a	10.650 b	0.324 b	0.549 b
Maya Oranı (%)	0.75	12	6.854 c	6.667 c	68.157 c	-1.223 a	12.241 a	0.445 a	0.741 a
	1.0	12	7.500 b	7.271 b	69.075 b	-1.343 a	11.318 b	0.378 b	0.663 b
	1.5	12	8.167 a	7.896 a	70.219 a	-1.307 a	10.772 c	0.298 c	0.503 c

* Aynı Harfle işaretlenmiş ortalamalar, istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05)

** DAHP: Diamonyum hidrojen fosfat

Ekmeğin içi sertliği: 24. ve 72. saatlerdeki ekmeğin içi sertliği, şahit ekmeklerde ortalama, sırasıyla 0.30'dan 0.51 N/cm²'ye yükselirken; sıvı ferment ekmeklerinde yine sırası ile 0.24-0.58 ve 0.31-0.93 N/cm² aralığında değişmiştir (Çizelge 4). Burada, sıvı ferment sistemi ile şahite göre oldukça geniş bir varyasyon yakalanmıştır. Sıvı ferment üretiminde maya gıdalarından, en düşük 24. saat sertlik değerlerini, "NH₄Cl + KH₂PO₄" maya gıdasında, en düşük 72. saat sertlik değerini, "DAHP + MgSO₄" maya gıdası vermiştir (Çizelge 6). Fermente katılan un ve maya oranlarının artması ise 24. ve 72. saat sertlik değerlerini düşürmüştür (Çizelge 6). Her iki un oranı ve her üç maya inokulasyon oranı itibariyle, DAHP maya gıdası en yüksek 72. saat ekmeğin içi sertlik değerlerini vermiştir (Çizelge 4). "NH₄Cl + KH₂PO₄" ve "DAHP + MgSO₄" kombinasyonları 72. saat sonunda oldukça yumuşak ekmeğin içi sağlamıştır (Çizelge 6). "DAHP + MgSO₄" kombinasyonda; % 15 un ve % 1.0 maya ilavesi, şahitten daha iyi ekmeğin içi yumuşaklığı verebilmiştir (Çizelge 4). 24. saatte elde edilen aksine, 72. saatte en yumuşak ekmeğin içi "DAHP + MgSO₄" katkısı ile sağlanmıştır (Çizelge 6). Bu da MgSO₄'ın amilopektin agregasyonunu geciktirici etkisini, DAHP'in yanında mutlaka kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. "NH₄Cl + KH₂PO₄" katkısı ise hem amiloz ve hem de amilopektin retrogradasyonunu engelleyici görüntü vermektedir. Özellikle fırın çıkışında en yumuşak ekmeğin içini vermiş olup, amiloz retrogradasyonunda en etkin maya gıdası kombinasyonu olarak göze çarpmıştır. Fırın çıkışında yüksek ekmeğin içi sertliği veren DAHP, bunu ancak MgSO₄ katkısı ile telafi edebilmiştir.

Sonuç olarak "DAHP + MgSO₄" kombinasyonu ekmeğin özellikleri açısından (kabuk rengi hariç) en uygun maya gıdası kombinasyonu olmuştur. MgSO₄ kaynağının sıvı ferment üretiminde önemli bir katkı olduğu ve ekmeğin özelliklerinin iyileşmesine yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca sıvı ferment üretiminde, % 15 un ve % 1.5 maya ilave edilmesi, ekmeğin özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Yüksek miktarda (% 15) un

kullanıldığında maya gıdası ihtiyacının düştüğü; "NH₄Cl + KH₂PO₄" kombinasyonunun fırın çıkışında (24.saat), "DAHP + MgSO₄" kombinasyonunun ise 72. saatte daha yumuşak ekmek içi verdiği görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda maya gıdası ihtiyacını düşürücü önlemlerin alınması, ihtiyaç durumunda MgSO₄ ve DAHP'ın maya gıdası olarak değerlendirilmesi, daha ucuz ve doğal azot kaynaklarının ferment üretimde kullanılabilmesi, beraberinde bu işlemin ekonomikliğinin ve uygulamaya aktarılabilirliğinin ortaya konması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Pyley EJ. 1988. Baking Science and Technology. 3rd ed. Sosland Publishing Company, Kansas.
2. Ertugay Z, Elgün A, Aydın F, Kotancılar, G. 1991. Ekmek Üretiminde Sıvı Ferment Yönteminin Katkı ve Süre Bakımından Optimizasyonu Üzerine Bir Araştırma. Doğa 15 (3), 653-660.
3. Elgün A, Ertugay Z. 1995. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 297, Erzurum.
4. Akman VA. 1964. Fermentasyon Mikrobiyolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:89, Ankara.
5. Canbaş A. 1995. Ekmek Mayacılığı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:22, Ankara.
6. White J. 1954. Yeast Technology. 1st ed. Jonn Willery and Sons.
7. Kulp K. 1983. Technology of Brew Systems in Bread Production. Bakers Digest 57 (6): 20-23.
8. Pomeranz Y. 1988. Wheat Chemistry and Technology. AACC. St. Paul, Minnessota, U.S.A.
9. Thampson R. 1980. State of The Art-Bakery Fermentation. Bakers Digest 52(3): 28-37.
10. Türker S. 2001. Maya üretimi ve sıvı ferment kombinasyonunun ekmek yapımında kullanılma imkanları. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 15 (27) : 32-39
11. Elgün A, Ertugay Z, Seçkin R. 1985. Farklı Özelliklerde Elde Edilen Malt Unu Katkılarının Ekmeğin Kalitatif ve Aromatik Özelliklerine Etkisi Üzerine Araştırmalar. Doğa 10 (I): 70-79.
12. Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları no:295, Ankara.
13. 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.
14. Elgün A, Türker S, Bilgiçli N. 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası Yayınları. Yayın No:2, Konya.15. Anonymous 1990. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists, U.S.A.
15. Anonymous 1990. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists, U.S.A