

Dondurulmuş Hamur Stabilitesine Askorbik Asit ve Sodyum Stearol -2- Laktilat'ın Etkisi

Ahmet Faik KOCA, Münir ANIL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Samsun-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 21.10.1996

Özet: Bu çalışmanın ilk kısmında dondurulmuş hamurlarda farklı askorbik asit (AA) dozlarının (0, 75 ve 125 ppm) ve sodyum stearyl -2- laktilat (SSL)'in 2 aylık depolama süresi sonunda ekmek özelliklerine etkisi araştırılmıştır. İkinci kısmında ise AA'nın tek başına ve SSL ile birlikte kullanılmasının üç çözme-dondurma işlemi sonunda son fermantasyon süresi ve ekmek özelliklerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar istatistiksel analizlere dayanarak açıklanmıştır ($P<0.05$, $p<0.01$).

AA kullanımı spesifik hacmi kontrole göre çok önemli düzeyde arttırmıştır. Ekmek kalitesi 125 ppm AA dozunda daha yüksek bulunmuştur. %0.5 SSL kullanımı gerek spesifik hacim gerekse ekmek kalitesi çok önemli düzeltme sağlamıştır. En yüksek ekmek kalitesi 125 ppm AA+%0.5 SSL kombinasyonu ile elde edilmiştir.

Çözme-dondurma işlem sayısının artması son fermantasyon süresini arttırmış ve ekmek kalitesinde önemli düzeyde düşmeye sebep olmuştur. Çözme-dondurma işlem sayısına bağlı olarak meydana gelen ekmek özelliklerindeki kötüleşmenin önlenmesinde tek başına 125 ppm AA yerine 125 ppm AA+%0.5 SSL kullanımı daha etkili olmuştur.

The Effect of Ascorbic Acid and Sodium Stearoyl -2- Lactylate on Frozen Dough Stability

Abstract: The present study consists of two parts of research. In the first part, the effect of varying doses of ascorbic acid (AA-0, 75 and 125 ppm) and sodium stearyl -2- lactylate (SSL-0, 0.5 %) used in frozen doughs on bread characteristics after 2 months storage period. In the second part the effect AA alone and AA+SSL after three cycles of freeze-thaw on proof time and bread characteristics was investigated. The results are presented below statistically ($p<0.05$, $p<0.01$).

Specific volume was significantly higher in the AA group than control group. Bread quality was found high at the dose of 125 ppm AA. SSL concentration of 0.5% significantly improved specific volume and bread quality. The highest bread quality was observed with the use of 125 ppm AA+0.5% SSL combination.

In the case of the freeze-thaw cycle numbers increased; proof time extended and bread quality decreased. To prevent these effects, using 125 ppm AA+0.5 SSL combination gave the best results according to 125 ppm AA alone.

Giriş

Dondurulmuş hamur yöntemi ile ekmek üretimi son 25 yıldan beri özellikle market içi fırın işletmelerinde (in-store bakeries) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dondurulmuş hamur üretiminde amaç, geçici bir süre için maya aktivitesini durdurarak hamur stabilitesini sağlamaktır. Ancak kompleks biyolojik aktif bir sistem olan hamur, dondurulmuş depolama sürecinde belirli oranda zarar görmektedir. Yapılan değişik çalışmalar dondurulmuş hamur stabilitesinin maya kalitesi, hamur formülasyonu ve işleme ile dondurma ve çözme şartlarına bağlı olduğunu göstermiştir (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

Dondurulmuş hamurlar çözüldükten sonra çoğu kez gevşek, yapışkan ve kötü gaz tutan bir yapıdadır. Bu durum özellikle hamurun uzun süre depolanması ve donmuş hamurun birbiri ardına çözülmesi ve tekrar don-

durulması halinde daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Kline ve Sugihara (10) hamur yapısında meydana gelen bu bozulmanın donma sürecinde ölen maya hücrelerinin ortama bıraktığı indirgen bir bileşik olan glutatondan kaynaklandığını bildirmektedirler. Ancak bu konuda Wolt ve D'Appolinia (11)'nin yaptığı çalışmalar indirgen bileşiklerin hamurun gaz tutmasında rolü olmadığını göstermiştir. Variano-Marston ve Ark. (12) ile Burinsma ve Giesenschlag (13) ise donma ve çözülme ile meydana gelen reolojik değişmelerin kısmi olarak maya hücresinin zararı ile ortaya çıkan metabolitlerden kaynaklandığını, asıl zararın ise yeniden kristalizasyon sonucu protein ağının zarar görmesiyle ortaya çıktığını belirlemiştirler.

Dondurulmuş hamur yapısında görülen bu zararın önlenmesinde oksidant düzeyinin artırılması ve yüzey aktif madde kullanımı tavsiye edilmektedir. Bu konuda Kline ve Sugihara (10), formülasyonda yüksek dozlarda

yer alan potasyum bromat ve askorbik asidin hamur sütrüktürünü zayıflatan indirgen bileşiklerin kötü etkisini önleme gücüne sahip olduğunu bildirmektedirler. Burinsma ve Giesenschlag (13), yaptıkları araştırmada formülasyona potasyum bromat+askorbik asit ilavesinin donma-çözülme ile meydana gelen değişimleri azalttığını belirlemişlerdir. Hsu ve Ark. (1) ise oksidant olarak tek başına potasyum bromat kullanımı yerine potasyum bromat+askorbik asit karışımının daha iyi etkiye sahip olduğunu bildirmektedirler.

Dondurulmuş hamur formülasyonunda yer alan yüzey aktif maddelerin hamur stabilitesini arttırdığı bildirilmektedir. Davis (3), dondurulmuş hamurda depolama ile meydana gelen reolojik değişimlerin önlenmesinde SSL'nin önemli etkiye sahip olduğunu belirlemiştir. Marston (14) ise bu konuda SSL'nin donma-çözülme zararına hassas hamur bileşenlerinin özelliklerini değiştirerek, hamuru don zararından koruduğunu bildirmektedir. Variano-Marston ve Ark. (12) yaptıkları araştırmada dondurulmuş muhafaza süresinin uzamasına bağlı olarak görülen ekmek hacmindeki azalmanın SSL kullanımı ile en aza indirilebildiğini ve 3 donma-çözülme işlemi sonunda SSL kullanılan hamurlardaki reolojik değişimlerin kontrole göre daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada dondurulmuş hamurun depolanması ve değişik kereler çözme-dondurma işlemlerine maruz kalmasıyla uğradığı zararın önlenmesinde oksidant madde olarak askorbik asit, yüzey aktif madde olarak da sodium stearoyl -2- lactilate (SSL)'nin etkisi araştırılmıştır.

Bunun için ilk olarak farklı dozlardaki askorbik asidin ve SSL'nin dondurulmuş depolama sürecindeki etkileri belirlenmiş, daha sonra ise birbiri ardına gerçekleştirilen 3 donma-çözme işlemi sonunda askorbik asit ve SSL kullanımının etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırmada piyasadan temin edilen, protein oranı (k.m.'de) %10.38, kül oranı (k.m.'de) %0.54, yaş öz miktarı %26.7 ve Zeleny sedimentasyon değeri (%14 nem) 24 olan Tip-II un kullanılmıştır.

Hamur formülasyonunda oksidant madde olarak teknik özellikteki L-askorbik asit (Roche) ve yüzey aktif madde olarak da sodium stearoyl -2- lactilate (Patco)'ye yer verilmiştir.

Formülasyonda kullanılan taze pres maya, rafine tuz, kristal toz şeker ve bitkisel margarin ise piyasadan sağlanmıştır.

Metot

Denemenin Kurulması

Planlanan iki deneme de faktöriyel düzene göre kurulup yürütülmüştür.

Araştırmanın ilk bölümünde farklı düzeylerde askorbik asit (AA) (0, 75 ve 125 ppm) ve sodium stearoyl -2-lactilate (SSL) (%0 ve %0,5) kullanılarak 6 farklı formülasyonda hamur hazırlanmıştır. Bu hamurlar taze olarak ve 1 ve 2 ay dondurulmuş depolama sonunda değerlendirilmiştir.

Araştırmanın ikinci kısmında ise iki farklı formülasyonda (125 pp AA ve 125 ppm AA+%0.5 SSL) hazırlanan hamurlar 1 ay dondurulmuş depolama sonunda ve bu depolamayı takiben 1, 2 ve 3 çözme-dondurma işlemine tabi tutularak toplam 8 işlem kombinasyonu ile değerlendirilmiştir.

Her iki deneme de 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (15).

Un Analizleri

Araştırmada kullanılan unlarda protein miktarı (AACC-46/11), su (ICC No-116), kül (ICC No-104), yaş öz (ICC No-106/1) ve Zeleny sedimentasyon testi ise (ICC No-110) yöntemlerine göre gerçekleştirilmiştir (16, 17).

Ekmek Pişirme Denemeleri

Araştırmada şu hamur formülasyonu kullanılmıştır. Un: %100, su: %55, maya: %4, tuz: %1.5, şeker: %2, bitkisel margarin: %1. Ayrıca işlem kombinasyonlarına bağlı olarak 0, 75 ve 125 ppm AA ve %0 ve %0.5 düzeyinde SSL formülasyonda yer almıştır.

Verilen formülasyonlara göre hamurlar 40 dv/dk. devirli L kollu laboratuvar tipi yoğurucuda 12°C'daki su kullanılarak optimum gelişinceye kadar yoğurulmuştur. Daha sonra 30°C sıcaklık ve %90 nispi neme sahip fermantasyon kabiniinde 30 dakika kitle fermantasyonuna bırakılan hamurlar 160 gramlık parçalara bölünerek yuvarlak yapılmıştır. Yuvarlak yapılmış hamurlar üstü örtülü halde 10 dakika dinlendirildikten sonra 0, 7 cm kalınlıkta açılmış ve elle şekillendirilerek tavalanmıştır. Son fermantasyona girmeden önce hamur sıcaklığı 20+1°C tespit edilmiştir. Son fermantasyon 30°C ve %90 nispi nemde hamurlar tava kenarından 2 cm yükselinceye kadar sürdürülmüş ve bu yüksekliğe ulaşma zamanı "son fermantasyon süresi" olarak kaydedilmiştir.

Pişirme hava sirkülasyonla fırında 200°C'da 20 dakikada gerçekleştirilmiştir. Ekmek ağırlığı ve hacmi fırın çıkışından 1 saat sonra ölçülerek "spesifik hacim", hacmin ağırlığa oranı ile hesaplanmıştır (18).

Ekmeklerin kalitesi, dış özellikler (hacim 10, kabuk yapısı-rengi 5, ekmek simetrisi 5, pişme üniformitesi 5) ve iç özellikler (tekstür 15, iç rengi 10, gözenek 10, aroma 15, tat 20) olarak toplam 100 puan üzerinden değerlendirilmiştir (19).

Dondurma ve Depolama

Yukarıda anlatılan şekilde hazırlanan her bir formülasyondan 3 adet şekil verilmiş hamur tavalara içerisinde iki kat polietilen torbaya konulup ağızları sıkıca kapatılmış ve -27°C'a ayarlanan NaCl çözeltisine daldırılarak dondurulmuştur. Dondurma çözeltisi içerisinde merkez sıcaklığı -5°C'a ulaşana kadar tutulan hamurlar, daha sonra çözeltiden çıkarılarak tavalardan alınmış ve yeni polietilen torbalar içerisine yerleştirilerek -18°C'daki derin dondurucuda 1 ve 2 ay sürelerle depolanmıştır.

Çözme

Çözme işlemi için hamurlar tavalara konulmuş ve hamur üzerinde su yoğunlaşmasını önlemek amacıyla polietilen torbalar içerisinde 30°C ve %90 nispi nemde fermantasyon kabini içinde tutulmuşlardır. Çözülen hamurlarda sıcaklık 20°C'a ulaştığında bu sıcaklık derecesi son fermantasyon için başlangıç noktası olarak alınmış ve daha önce belirtilen yüksekliğe ulaşmaya kadar fermantasyona bırakılarak "son fermantasyon süresi" tespit edilmiştir. Daha sonra yukarıda açıklanan şekilde pişirilen ekmeklerde ağırlık ve hacim ölçümleri ile ekmek kalite değerlendirmeleri yapılmıştır.

Art Arda Çözme-Dondurma İşlemi

Çözme-dondurma işlem sayısının etkisini belirlemek için yukarıda verilen sabit formülasyona 125 ppm AA ve 125 ppm AA+%0.5 SSL ilavesiyle 2 farklı formülasyonda her bir formülasyondan toplam 15 adet hamur hazırlanmıştır. Bunlardan ayrı formülasyondaki 3'er adedi taze olarak pişirilmiş, diğer hamurlar ise dondurularak -18°C'da 1 ay süreyle depolanmıştır. Bu süre sonunda

formülasyondan 3'er hamur alınarak pişirilmiş, geri kalan hamurlar tekrar dondurulmuştur. 24 saat depolamadan sonra tüm hamurlar tekrar çözülerek bunlardan yine 3'er hamur pişirilmiş, geri kalan hamurlar yeniden dondurulmuştur. İşlem aynı şekilde yürütülerek çözme-dondurma işlemi üç kez tekrarlanmıştır.

Hamur hazırlama, dondurma ve çözme işlemleri birinci denemede olduğu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Depolama Sürecinde Askorbik Asit ve Sodyum ve Stearoyl -2- Lactilatenin Etkisi

Araştırmada elde edilen ekmek özelliklerine ait sonuçlar toplu olarak Tablo 1'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre AA ve SSL düzeyleri ile depolama süresinin spesifik hacim ve ekmek kalitesine etkileri önemli ($p < 0.05$) ve çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Bu ana varyasyon kaynaklarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 2'de özetlenmiştir. Buna göre AA kullanımının spesifik hacim üzerindeki olumlu etkisi dondurulmuş hamurlarda taze hamurlara göre daha belirgin şekilde görülmektedir. Zira taze hamurlarda 75 ppm düzeyinde AA kullanımı, AA'sız hamurlara göre 0.61 birimlik bir artış sağlarken bu artış dondurulmuş hamurlarda 1.41 birim olmuştur. Dondurulmuş hamurlarda AA düzeyinin 75 ppm'den 125 ppm'e çıkarılması spesifik hacimde bir miktar artış sağlamakla birlikte bu artış istatistiksel önemde bulunamamıştır.

AA'nın ekmek kalitesine etkisi incelendiğinde spesifik hacim sonuçlarına paralel bir durum gözlenmektedir. Bununla birlikte 75 ppm AA düzeyinin 125 ppm'e çıkarılmasıyla ekmek kalitesindeki düzelme çok önemli bulunmuştur. Dondurulmuş depolama sürecinde ölen ve otolize olan maya hücrelerinin açığa çıkardığı indirgen bir madde olan glutation hamurun zayıflamasına sebep

AA (ppm)	SSL (%)	Ekmek			Kalitesi		
		Spesifik Taze	Spesifik 1 Ay dep.	Hacmi (cm ³ /gr) 2 Ay dep	Ekmek Taze	1 Ay dep	2 Ay dep.
0 (Kontrol)	0	4.41	2.32	2.25	85.25	50.25	49.00
	0.5	4.86	3.20	2.88	93.00	59.25	56.50
75	0	4.96	3.99	3.82	90.75	78.75	82.00
	0.5	5.52	4.37	4.10	97.25	87.25	86.50
125	0	4.86	4.08	3.86	92.00	87.00	82.00
	0.5	5.36	4.21	4.29	98.00	89.00	89.00

Tablo 1. Depolama Sürecinde Askorbik Asit ve Sodyum Stearoyl -2- Lactilatenin Ekmek Özelliklerine Etkisi *

* Her bir değer iki tekrerrün ortalamasıdır.

Varyasyon Kaynakları	n	Spesifik Hacim (cm ³ /gr)		Ekmek Kalitesi Kalitesi (Σ-100 Puan)			
		Taze	n Dondurulmuş	n	Taze	n	Dondurulmuş
AA (ppm)							
0	4	4.63 b	8 2.66 B	4	89.13 B	8	53.75 C
75	4	5.24 a	8 4.07 A	4	94.00 A	8	83.63 B
125	4	5.11 a	8 4.11 A	4	95.00 A	8	86.75 A
SSL (%)							
0	6	4.74 B	12 3.39 B	6	89.33 B	12	71.50 B
0.5	6	5.25 A	12 3.84 A	6	96.08 A	12	77.92 A
Depolama (Ay)							
1	--		12 3.69 A	--		12	75.25 A
2	--		12 3.53 B	--		12	74.17 B

* Büyük harfler 0.01'e, küçük harfler 0.05'e göre farklılıkları belirtmektedir.

olmakta, bu ise ekmek özelliklerini olumsuz şekilde etkilemektedir. Araştırmada deneme dozlardaki AA, muhtemelen glutasyonu okside ederek hamuru kuvvetlendirmiş ve böylece dondurmanın olumsuz etkisini kısmen tolere etmiştir (20).

SSL kullanımı taze hamur ekmeklerinde olduğu gibi dondurulmuş hamur ekmeklerinde de spesifik hacim ve ekmek kalitesini olumlu yönde etkilemiştir. Bu durum istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Bu durum hamur kuvvetlendirici etkisi bulunan SSL'nin dondurulmuş depolama ile birlikte hamur yapısında görülen kötüleşmeyi önlemede etkin olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar değişik araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (14, 12, 3, 11).

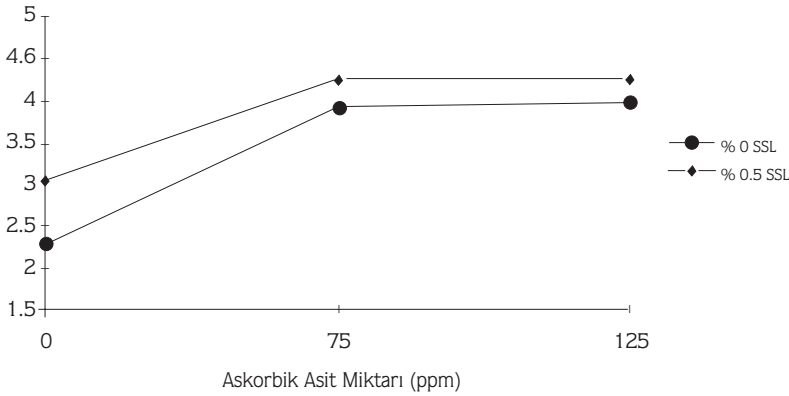
Spesifik hacim üzerine etkisi önemli bulunan AA miktarı x SSL miktarına ait interaksiyonun seyri Şekil 1'de

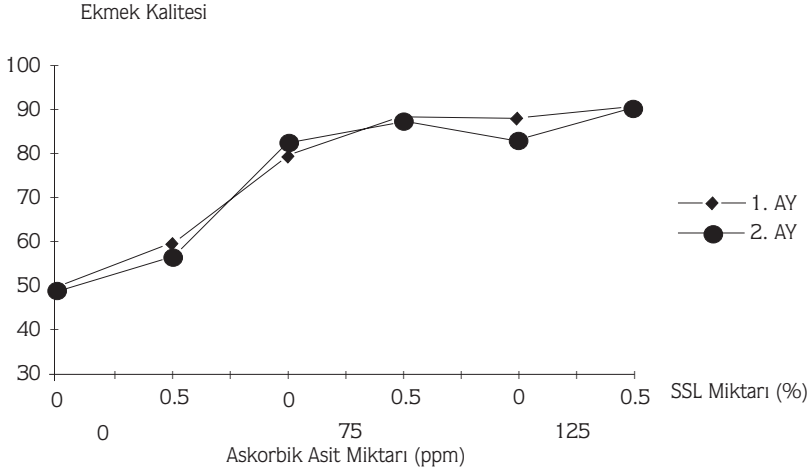
gösterilmiştir. Buna göre en düşük spesifik hacim AA ve SSL katkısı olmayan ekmeklerde elde edilirken özellikle AA kullanımının spesifik hacmi önemli düzeyde arttırdığı görülmektedir. 75 ve 100 ppm dozlarında AA'nın SSL ile birlikte kullanımı spesifik hacimde daha belirgin bir artış sağlamıştır. Söz konusu uygulamalarda spesifik hacim birbirine oldukça yakın değerler göstermiştir. Bu sonuçlara göre SSL ile birlikte kullanılması durumunda 75 ppm AA'nın spesifik hacmin korunmasında yeterli bir doz olduğu söylenebilir.

Tablo 2'den görüldüğü gibi depolama süresi uzadıkça gerek spesifik hacim, gerekse ekmek kalitesi değerlerindeki düşme çok önemli bulunmuştur. Bu durum hamurun gaz üretim ve gaz tutma kapasitesindeki kötüleşmenin bir sonucudur. Değişik araştırmacılar da benzer neticeler elde etmişlerdir (2, 3, 18, 6, 9).

Tablo 2. AA Miktarı, SSL Miktarı ve Depolama Süresi Değişkenlerine Ait Ortamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları*

Şekil 1. Spesifik Hacimde Askorbik Asit Miktarı x SSL Kullanımı İnteraksiyonu





Şekil 2. EkmeK Kalitesinde Askorbik Asit Miktarı x SSL Kullanımı x Depolama Süresi İnteraksiyonu

EkmeK kalitesi üzerine etkisi önemli bulunan askorbik asit miktarı x SSL kullanımı x depolama süresi interaksiyonunun gidiş Şekil 2'de gösterilmiştir. Buna göre en düşük kalite AA ve SSL katkısı olmayan 2 ay depolanmış hamurlardan üretilen ekmeKlerde belirlenirken bu süre sonunda en yüksek kalite ise 125 ppm AA+SSL uygulamasıyla elde edilmiştir. Bu katkılama sonunda 2 ay depolanan ekmeKler 1 ay depolananlar kadar kaliteli bulunmuştur. AA'nın tek başına 125 ppm dozu 1 ay depolama sonunda 75 ppm AA+SSL uygulaması ile benzer kalitede ekmeK veririrken, 2 ay depolamada ise 75 ppm AA+SSL kullanılan ekmeKler 125 ppm AA kullanılan ekmeKlere göre daha kaliteli bulunmuştur. Bu durum, uzayan depolama sürecinde kalitenin korunması için tek başına AA dozunun artırılmasının yeterli olmadığını göstermektedir. Ayrıca şekilden görüleceği gibi 75 ve 125 ppm AA'nın SSL ile birlikte kullanımı aylar arasındaki

kalite değişimini an aza indirmiştir. Bu arada SSL'nin tek başına ekmeK kalitesini korumada çok fazla etkili olmadığı da görülmektedir.

Art Arda Çözme -Dondurma İşlemine Askorbik Asit ve Sodium Stearoyl -2- Lactilate'nin Etkisi

Dondurulmuş hamurlar dağıtım, pazarlama veya depolama sürecinde değişik sebeplerle çözülme tekrar dondurma işlemlerine maruz kalabilir. Bu durumda mayanın zarar görmesi ile açığa çıkan glutation ve yeniden buz kristallerinin oluşması, hamurun gaz tutmasından sorumlu gluten ağını zayıflatarak ürün kalitesini düşürmektedir (3, 12, 13).

Çözme tekrar dondurma işlemiyle üründe meydana gelen kalite düşmesinin önlenmesinde AA ve SSL kullanımının etkisinin denendiğini araştırma sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Uygulama	SonFermantasyon Süresi (dakika)	Spesifik Hacim (cm ³ /gr)	EkmeK Kalitesi (Σ100P)
125 ppm AA			
Taze	78.0	4.88	93.50
0 Çözme-dondurma	143.5	3.76	83.50
1 Çözme-dondurma	239.0	3.70	78.75
2 Çözme-dondurma	264.5	3.59	77.0
3 Çözme-dondurma	310.0	3.35	74.75
125 ppm AA+%0.5 SSL			
Taze	81.5	5.17	99.00
0 Çözme-dondurma	122.0	4.50	92.75
1 Çözme-dondurma	185.0	3.95	87.50
2 Çözme-dondurma	264.5	4.11	85.00
3 Çözme-dondurma	290.0	3.94	83.50

Tablo 3. Art Arda Çözme-Dondurma İşleminde AA ve SSL'nin Fermantasyon Süresi ve EkmeK Özelliklerine Etkisi*

* Bir ay depolama sonunda ek bir çözme dondurma yapılmaksızın pişirme yapıldı.

Varyasyon Kaynakları	n	Son Fermantasyon Süresi (Dakika)	Spesifik Hacim (cm ³ /gr)	Ekmek Kalitesi (0-100 Puan)
AA-SSL Uygulaması				
125 ppm AA	8	239.25	3.60 B	78.50 A
125 ppm AA+%0.5 SSL	8	215.38	4.12 A	87.19 A
Çözme-Dondurma İşlem Sayısı				
0 Ç-D	4	132.75 C c	4.13	82.13 A
1 Ç-D	4	212.00 B b	3.82	83.14 B
2 Ç-D	4	264.50 AB a	3.85	81.00 C
3 Ç-D	4	300.00 A a	3.64	79.13 D

Tablo 4. AA-SSL uygulaması ve çözme dondurma işlem sayısı değişkenlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

* Büyük harfler 0.01'e, küçük harfler 0.05'e göre farklılıklar belirtilmektedir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre etkileri önemli bulunan AA-SSL uygulaması ve çözme-dondurma işlem sayısına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4'de özetlenmiştir. Buna göre, son fermantasyon süresi 1 ay depolanan hamurlar ile bu süreyi takiben değişik kereler çözme-dondurma işlemine tabi tutulan hamurlarda 125 ppm AA yerine 125 ppm AA+SSL kullanımıyla deskriptif bir düşme göstermesine karşılık varyasyonun fazlalığı farklılığın önemliliğini örtmüştür bulunmaktadır. Buna karşılık SSL kullanılan hamurlarda spesifik hacim ve ekmek kalitesindeki düzelme çok önemli bulunmuştur (Tablo 4). Bu sonuçlara göre farklı çözme-dondurma işlemi ile zarar gören hamur yapısının düzeltilmesinde tek başına yüksek dozdaki AA kullanımı yerine SSL ile birlikte AA kullanımının çok daha etkili olduğu söylenebilir.

Son fermantasyon süresi art arda çözme-dondurma işlemine maruz bırakılan hamurlarda artan işlem sayısına bağlı olarak artış göstermiştir (Tablo 3). 1 ay depolamadan sonra 132.75 dakika olan son fermantasyon süresi aynı süre depolanıp 3 çözme-dondurma işlemiyle 300 dakikaya çıkmıştır. Bu durum çözme-dondurma işleminin maya yıkımına yol açtığını ve hamurun gaz tutma gücünü kötüleştirdiğini açıkça göstermektedir. Çözme-dondurma

işlem sayısının artması spesifik hacimde de sürekli bir azalma meydana getirmiştir. Ancak spesifik hacimlerdeki bu farklılık istatistiksel önemde bulunmamıştır. Bu durum AA ve SSL'nin 3 çözme-dondurma işlemi sonunda spesifik hacmi korumadaki etkinliğini göstermektedir. Ekmek kalitesi ise çözme-dondurma işlem sayısının artmasına bağlı olarak yine bir düşme göstermiştir. Özellikle ekmek içi gözenek ve tekstüründeki kötüleşmeler buna sebep olmuştur. Benzer sonuçlar Hsu ve ark. (2) ve Brunisma ve Giesenschlag (13) tarafından da tespit edilmiştir.

Sonuç

1. Uzun süreli depolamalarda hamur stabilitesinin sağlanması için AA ve SSL kullanımı bir zorunluluk olarak görülmüştür.

2. 2 aylık bir depolama periyodu için en yüksek ekmek kalitesi 125 ppm AA+%0.5 SSL kullanılmasıyla elde edilmiştir.

3. Art arda çözme-dondurma ile hamur yapısında meydana gelen zararın önlenmesinde tek başına yüksek dozdaki AA yerine AA+SSL kombinasyonu daha etkili olmaktadır.

Kaynaklar

- Hsu, K.H., Hosoney, R.C. and Seib, P.A., Frozen Dough I. Factors Affecting Stability of Yeasted Dough, *Cereal Chem.*, 56(5), 419-424, 1979.
- Hsu, K.H., Hosoney, R.C. and Seib, P.A., Frozen Dough II. Effects of Freezing and Storing Conditions on the Stability Doughs, *Cereal Chem.*, 56 (5), 424-426, 1979.
- Davis, E.W., Shelf-Life Studies on Frozen Doughs, *Bakers Dig.*, 53(3): 12-14, 1981.
- Baguena, R., Sariano, M.D., Martinez-Anaya, M.A. and Benedito De Barber, C., Viability and Performance of Pure Yeast Strains in Frozen Wheat Dough, *Journal of Food, Sci.*, 56 (6), 1690, 1991.
- Neyreuf, O. and Van Der Plaat, J.B., Preparation of Frozen French Bread Dough With Improved Stability, *Cereal Chem.*, 68 (1): 60-66, 1991.
- Autio, K. and Sinda, E., Frozen Doughs: Rheological Changes and Yeast Viability, *Cereal Chem.*, 69 (4): 409-413, 1992.

7. Hsomi, K., Nishio, K. and Matsumoto, H., Studies on Frozen Dough Baking, I. Effects of Egg Yolk and Sugar Ester, Cereal Chem., 69 (1): 89-92, 1992.
8. Gelinas, P., Kagimoniere, M. and Dubord, C., Baker's Yeast Sampling and Frozen Dough Stability, Cereal Chem., 70 (2): 219-225, 1993.
9. Inoue, Y., Sapirstein, S., Takayanagi, S. and Bushuk, W., Studies on Frozen Doughs, III. Some Factors Involved in Dough Weakening During Frozen Storage and Thawfreeze Cycles, 1994.
10. Kline, L. and Sugihara, T.F., Factors affecting the stability of frozen bread dough I. Prepared by the straight dough method, Bakers Dig., 42 (5), 44, 1968.
11. Wolt, M.J. and D'Appolonia, B.L., Factors involved in the stability of frozen dough, II. Effects of yeasts type, flour type and dough additives on frozen dough stability, Cereal Chem., 61 (3): 213-221, 1984.
12. Variano-Marston, E., Hsu, K.H. and Mahdi, J., Rheological and structural changes in frozen dough, Bakers Dig., 54 (1): 34-41, 1980.
13. Bruinsma, B.L. and Giesenschlag, J., Frozen Dough Performance Compressed Yeast-Instant Dry Yeast, Bakers Dig., 58 (6): 6-11, 1984.
14. Marston, P.E., Frozen dough-present trend and future outlook, Bakers Dig., 52 (5): 18, 1978.
15. Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodları II), A.Ü. Ziraat Fak. Yay. No. 102, Ankara, 1987.
16. Anonymous, ICC, Standart Methods of the International Association for Cereal Chemistry, Detmold, 1967.
17. Anonymous, AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn., 1972.
18. Koca, A.F., Dondurulmuş Hamur Tekniği Kullanılarak Üretilen Beyaz Tava Ekmeği ve Hamburger Ekmeğinde Maya Performansı ve Ekmek Özellikleri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1989.
19. Pyle, E.J., Baking Science and Technology, Vol. II, Siebel Publ. Co., Chicago 1979.
20. Elgün, A., Ertugay, Z., Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 297, Ders Kitapları Serisi No:52, Erzurum, 1990.