

L-Askorbik Asit ve Ekmekçilikteki İşlevleri

HALEF DİZLEK¹, HÜLYA GÜL²

¹Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü-Adana

²Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü-Isparta

Özet: L-Askorbik Asit (L-AA) ya da yaygın olarak bilinen adıyla C vitamini; $C_6H_8O_6$ kapalı formülüne sahip, molekül ağırlığı 176 g/mol, erime noktası 192 °C, olan ve birçok bitkisel üründe doğal olarak bulunan bir bileşiktir. Kristal haldeyken dayanıklı bir yapıya sahip olan L-AA, çözelti halindeyken kolaylıkla parçalanabilmekte; oksijen, ısı ve ışık etkisiyle de oksidasyona uğramaktadır.

Ekmek yapımında unun bileşiminden kaynaklanan bazı kusurların giderilmesi ve ekmek niteliklerinin iyileştirilmesi amacıyla çeşitli katkı maddeleri günümüzde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu katkı maddeleri içerisinde L-AA çok özel ve önemli bir yere sahiptir. L-AA, özellikle “mekanik hamur olgunlaştırma” yöntemiyle ekmek yapımında, sülfidril gruplarının disülfid bağlarına dönüştürülmesi amacıyla, yaygın bir biçimde kullanılan hamur ve ekmek niteliklerini iyileştirici bir maddedir. Disülfid bağlarının oluşumu ile hamurun gluten (öz) yapısı kuvvetlenmekte, böylece hamurun gaz tutma kapasitesi artmakta, ekmeğin hacmi yükselmekte ve gözenek yapısı düzeltilmektedir.

Anahtar Kelimeler : L-Askorbik Asit, Oksidan Madde, Ekmek.

L-Ascorbic Acid and its Functions at Bread Making

Abstract: Ascorbic acid, or Vitamin C as it is more commonly known, with $C_6H_8O_6$ chemical formula, 176 g/mol molecular weight and 192°C melting point is found in various green leafy vegetables naturally. Ascorbic acid has a strong structure when it was in crystal form, but can be decomposed easily in solution form and oxidized by the effects of oxygen, heat, and light.

Nowadays various bread additives have been used commonly to overcome the some flour defects and improve bread quality. Among them L-AA has a special and important place. L-AA as dough and bread improver usually used in “mechanical dough development” method for the transformation of sulfhydryl groups to disulfide groups. Formation of disulfide linkages strengthen the gluten structure so gas retaining ability of dough increase and breads obtained with higher loaf volume and better crumb structure.

Key Words : L-Ascorbic Acid, Oxidants, Bread.

Giriş

Ekmek değişik toplumların beslenmesinde birinci derecede öneme sahip, temel bir gıda maddesidir. Bileşiminde bulunan yüksek düzeydeki karbonhidratlar nedeniyle enerji sağlayıcı olmasının yanı sıra, protein, lipid ve mineral madde gibi temel besin öğelerini de içermektedir.

Çok eski çağlara kadar uzanan ekmekçilik, tarihin akışı içinde gelişme göstererek bugün modern teknolojiyen yararlanan bir bilim haline gelmiştir (Ercan ve Özkaya, 1986). Bu gelişmenin bir sonucu olarak, ekmek yapımında unun bileşiminden ve özelliklerinden kaynaklanan bazı kusurların ve eksikliklerin giderilerek kalitenin iyileştirilmesi, hamur ve ekmek niteliklerinin

daha fazla geliştirilmesi, zaman ve işgücü tasarrufu sağlanarak işletmelerin verimliliklerinin artırılması amaçlarıyla çeşitli katkı maddeleri günümüzde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan katkı maddelerinin başlıcalarını; başta L-Askorbik Asit (L-AA) olmak üzere diğer oksidan maddeler, yüzey aktif maddeler, çeşitli enzim preparatları, şeker ve benzeri tatlandırıcılar, proteince zengin katkıları (vital [kuru] gluten, süt ve süt ürünleri, soya unu, malt unu vb.), katı ve sıvı yağlar oluşturmaktadır (Özer ve Altan, 1995).

Oksidan maddeler içerisinde L-AA, özellikle “mekanik hamur olgunlaştırma” yöntemiyle ekmek yapımında, sülfidril (SH) gruplarının disülfid (S-S) bağlarına dönüştürülmesi amacıyla, yaygın bir biçimde

kullanılan hamur ve ekmek niteliklerini iyileştirici bir maddedir. L-AA'nın diğer oksidan maddelere göre en önemli avantajı; aerob hamur yoğurma sistemlerinde, ancak çok uzun süre işlem görmesinin aşırı oksidasyona neden olmasıdır (Kuninori ve Matsumatu, 1964). Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine (Anon., 1997) göre, L-AA ekmek yapımında **GMP (Good Manufacturing Practise = Uygun teknolojinin gerektirdiği kadar)** düzeyinde kullanılabilir.

Literatür taramasına dayanan bu çalışmada; oksidan maddeler içerisinde önemli bir yere sahip olan L-AA'nın başlıca özellikleri ve ekmekçilikteki işlevleri açıklanmaya çalışılmıştır.

Oksidan Maddeler

Unda ve hamur yapımında kullanılan başlıca yükseltgen (oksidan) maddeler; L-AA ($C_6H_8O_6$), potasyum bromat ($KBrO_3$), kalsiyum bromat ($CaBrO_3$), potasyum iyodat (KIO_3), kalsiyum iyodat ($CaIO_3$), kalsiyum peroksit (CaO_2) ve azodikarbonamid ($C_2H_4N_4O_2$)'dir (Bahar, 2001). Elektron transferine dayanan, kimyasal bir olay olan oksidasyonda yer alan oksidan maddeler, elektron kazanırlar ve gluten molekülündeki protein bağları üzerinde etkili olurlar (Tapucu, 1996). Bunlar, genel etki mekanizmaları itibariyle, yoğurma sırasında gluten proteinlerinde bulunan komşu moleküller arasındaki SH gruplarını okside etmek suretiyle S-S bağlarına dönüştürerek (Every ve ark., 2003) gluten matriksini stabilize ederler ve hamur yapısını kuvvetlendirirler (Demiralp, 1997; Demiralp ve ark., 2000)., böylece ekmek kalitesinin artmasına yardımcı olurlar (Pylar, 1988; Hosney, 1986; Bonet ve ark., 2006). SH gruplarının oksidasyon yoluyla değişimi ve hamurun fiziksel özelliklerindeki değişimin derecesi kullanılan oksidanın özelliklerine, miktarına ve reaksiyon süresine bağlıdır (Elgün ve Ertugay, 1997).

Oksidan maddeler kullanılarak hazırlanan hamurların gluten yapısının kuvvetlenmesine bağlı olarak; viskoelastik niteliklerinin geliştiği, bu suretle gaz tutma kapasitelerinin arttığı, az yapışkan oldukları, daha yüksek fırın sıçraması yaptıkları ve

ekmeklerin; daha iyi bir hacme sahip oldukları, kabuklarının düzgün bir çizgi yeri açılması gösterdikleri, ekmek içi gözenek yapılarının küçük ve ince çeperli, tekstürlerinin ise yumuşak ve kadife gibi bir yapıya sahip olduğu ve raf ömürlerinin daha uzun olduğu bildirilmektedir (Fischer, 1985; Miller ve Hosney, 1999).

Unlu mamullerde, yetersiz yükseltgenme kadar aşırı yükseltgenme de sorunlara neden olduğundan oksidan maddeler uygun miktarlarda kullanılmalıdır. Kullanılacak oksidan madde miktarı; unun gereksinimine (un tipine ve kuvvetine, unun olgunluk derecesine), yasal sınırlamalara, ekmek yapma yöntemine ve oksidan madde tipine bağlı olarak değişmektedir (Bahar, 2001). Günümüzde, birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de un ve ekmek katkı maddelerinde kullanılan oksidanlardan sadece L-askorbik aside izin verilmektedir.

L-Askorbik Asit

Kimyasal adı "askorbik asit" olan C vitamini; $C_6H_8O_6$ kapalı formülüne sahiptir. Molekül ağırlığı 176g/mol'dür. Erime noktası 192 °C'dir (Anon., 1996). Doğada en yaygın bulunan vitamin olan C vitamini; başta turunçgil meyveleri olmak üzere, çeşitli yeşil sebzelerde, domates, lahana, biber, patates, çilek vb. meyveler gibi bitkisel ürünlerde bol miktarda, hayvansal ürünlerden ise sadece süt ve ciğerde düşük düzeyde bulunmaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986). C vitamini; suda, etanolde, metanolde ve asetonda çözünebilir. Eterde, petrol eterinde, kloroformda ve benzende çözünmez. Sulu çözeltileri kolaylıkla oksidasyona uğrayan askorbik asit en fazla pH 5-6'da stabildir (Anon., 1996).

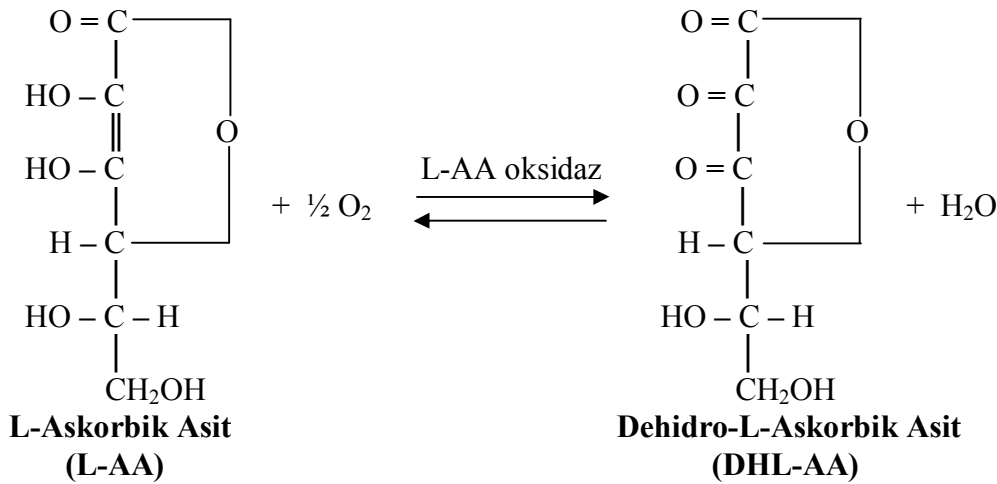
Oksidasyondaki ve redüksiyondaki rolü nedeniyle hemen hemen her canlı dokuda bulunan askorbik asit beyaz, kristal halde bir bileşiktir. Çeşitli izomerleri (L-AA, D-AA, D-izoAA = eritorbikasit) vardır. C vitamini denildiğinde bu izomerlerden L-AA akla gelir. Çünkü, sadece bu izomerin biyolojik aktivitesi vardır. D-AA'nın ve D-izoAA'nın hiçbir biyolojik aktivitesi yoktur, yani bunlar C vitamini işlevine sahip değildirler. L-AA kristal haldeyken dayanıklı bir bileşik olmasına

karşın, çözelti halindeyken kolaylıkla parçalanabilmektedir. Ayrıca, askorbik asit çeşitli etmenlerden kolaylıkla etkilenecek oksidasyona uğramaktadır. Özellikle oksijen, ısı ve ışık askorbik asidin parçalanmasına neden olan başlıca etmenlerdir. Askorbik asit enzimatik yolla da parçalanmaktadır. Başta askorbik asit oksidaz (EC 1.10.3.3) enzimi olmak üzere lipoksigenaz, fenol oksidaz, sitokrom oksidaz ve peroksidaz gibi enzimler askorbik asidin parçalanmasını katalize eden enzimlerdir. Bunlardan sadece askorbik asit oksidaz, askorbik asidi doğrudan doğruya okside ederken diğerleri dolaylı olarak oksidasyona neden olurlar. Bu nedenlerden dolayı C vitamini vitaminler içerisinde en az

stabil olanıdır (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Pyley, 1988; Çakmakçı ve Çelik, 2004).

L-Askorbik Asidin Ekmekçilikteki İşlevleri

Grosch ve Wieser (1999)'in bildirdiğine göre; L-AA'nın hamurun reolojik özellikleri üzerindeki iyileştirici etkisi ilk defa 1935 yılında Jorgensen tarafından ortaya konulmuştur. Araştırmacı, unu 20-30 mg/kg oranında L-AA ilave ettiği zaman, hamurun direncinde dikkate değer bir artış olduğunu, ekmek hacminde ise %20 oranında bir artış meydana geldiğini belirlemiştir. 1935 yılındaki bu tespitten sonra, ekmek yapımında L-AA yaygın bir şekilde kullanılmaya gelmektedir.

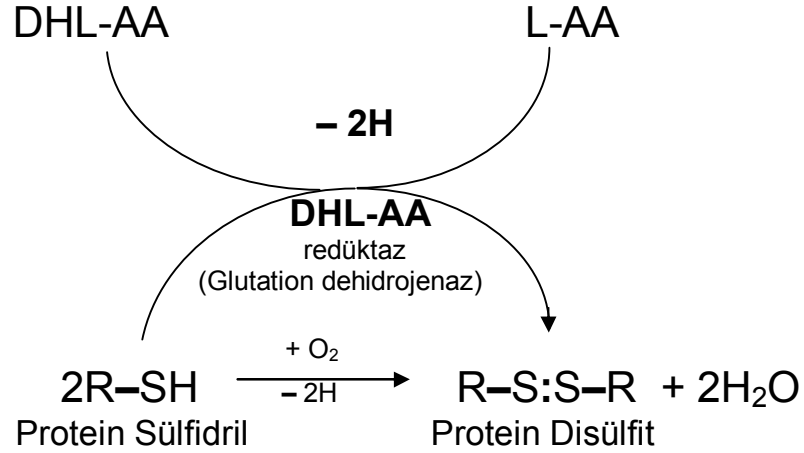


Şekil 1. L-Askorbik Asidin Dönüşümlü Olarak Dehidro-L-Askorbik Aside Okside Olması (Fitchett ve Frazier, 1986; Cemeroğlu ve Acar, 1986)

L-AA'nın hamurdaki aktif formu Dehidro-L-Askorbik Asit (DHL-AA)'tir. L-AA, unu bulunan L-AA oksidaz (EC 1.10.3.3) etkinliğiyle (Grant ve Sood, 1980), hamurda bulunan atmosferik oksijenle (Nakamura ve Kurata, 1997b) reaksiyona girerek DHL-AA'ya okside olur (yükseltgenir; Melville ve Shattock, 1938; Elkassabany ve Hosney, 1980; Elkassabany ve ark., 1980; Cemeroğlu ve Acar, 1986; Fitchett ve Frazier, 1986; Şekil 1.). Oksidasyon ürünü olan DHL-AA, aynen L-AA gibi C vitamini aktivitesine sahiptir.

Oluşan DHL-AA unu bulunan DHL-AA redüktaz enziminin katalitik etkisiyle

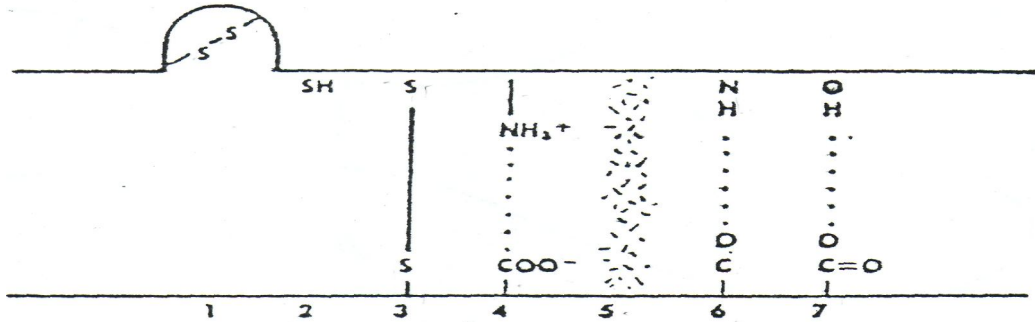
yeniden L-AA'ya indirgenirken, hamurun yoğrulması sırasında yan yana gelen bazı SH gruplarının yükseltgenerek S-S bağları oluşturmasını sağlar (Şekil 2) ve hamurun gluten yapısının oluşmasında önemli rol oynar (Elkassabany ve ark., 1980; Blanshard ve ark., 1988; Pyley, 1988). Yoğurma sırasında D-izoAA'nın dönüşümüyle oluşan dehidro D-izoAA'nın ise hamurda oksidan etkisi göstermediği ve SH gruplarını DHL-AA gibi S-S'e yükseltmediği bildirilmiştir (Elkassabany ve Hosney, 1980).



Şekil 2. L-Askorbik Asidin Disülfid Bağları Oluşumu Üzerindeki Etkisi

DHL-AA'nın etkisiyle, molekül içi ve moleküller arası S-S bağlarının (Şekil 3) sayısındaki artışla hamurun; gluten yapısı kuvvetlenir, viskozitesi ve elastikiyeti artar, gaz tutma yeteneği gelişir ve ekmekte belirgin bir hacim artışı sağlanır (Miller ve Hosoney,

1999). Ancak DHL-AA, gluten miktarı ve kalitesi bakımından yüksek değerlere sahip ekmeklik unlardan yoğrulan hamurlarda glutenin aşırı kuvvetlenmesi sonucunda elde edilen ekmeklerde hacim azalmasına neden olur (Wikström ve Eliasson, 1998).



Şekil 3. Peptid Zincirleri İçinde ve Arasında Yer Alan Bağlar (Düz çizgiler kovalent bağları, kesintili çizgiler ise kovalent olmayan bağları göstermektedir [Pyler, 1988].)

1. Molekül içi disülfid bağı
2. Serbest sülfidril grubu
3. Moleküller arası disülfid bağı
4. İyonik bağ
5. Van der Waals bağı
6. Peptid zincirleri arasındaki hidrojen bağı
7. Yan zincirler arasındaki hidrojen bağı

Mekanik hamur olgunlaştırma yönteminde hamur kitlesindeki olgunlaşma, Şekil 3'de gösterilen protein bağlarının mekanik etkiyle koparılıp L-AA etkisiyle tekrar oluşturulması, bu işlemin yinelenmesi ve

gluten kompleksinin gerekli elastikiyete ve kuvvete geri döndürülmesiyle sağlanır (Schofield, 1986).

Nakamura ve Kurata (1997a ve b), L-askorbik asidin hamuru kuvvetlendirici

etkisinin bunun oksidasyonu sırasında açığa çıkan oksijen radikallerinden (O_2^-) ileri geldiğini, oksidasyon sırasında üretilen oksijenin hamurdaki protein molekülleri arasında meydana gelen molekül içi ve moleküller arası SH/S-S değişim reaksiyonlarını etkilediğini ve sonuçta üç boyutlu ağ yapısının oluşumunu sağladığını, L-AA'nın oksidasyon oranının hamura ilave edilen L-AA konsantrasyonundan etkilendiğini ve ilave edilme oranına bağlı olarak hamurun kuvvetini arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, (O_2^-) radikallerinin hamur kuvveti üzerindeki etkisini, (O_2^-) üreten ve (O_2^-) tüketen sistemler üzerinde incelemişler ve (O_2^-) üreten sistemlerde hamur sertliğinin arttığını; buna karşılık (O_2^-) tüketen sistemlerde ise hamur sertliğinin kontrol hamuru ile aynı olduğunu belirlemişlerdir.

Ekmek yapımında oksidan maddelerin kullanılması ve kullanılma miktarları uygulanan ekmek yapma yöntemlerine ve ülkelerin tüzüklerine göre değişmekle birlikte genellikle 10-100 mg/kg düzeyindedir. Vitamin özelliklerini fırın ısısına maruz kaldığında kaybeden L-AA unlara, unun kuvvetine ve kullanılan üretim yöntemine bağlı olarak genellikle 10-120 mg/kg arasındaki miktarlarda ilave edilmektedir (Bahar, 2001). Bununla birlikte, L-AA'nın bazı ülkelerde 50 bazılarında 200 mg/kg düzeyinde kullanılmasına izin verilmesine karşılık A.B.D., İngiltere ve Fransa gibi ülkelerde sınırsız kullanılmasına izin verilmektedir (Altan, 2004).

L-AA'nın, ekmek yapımında kullanılan unun kuvvetine ve üretim yöntemlerine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, belirli bir düzeye kadar kullanılması ekmek niteliklerini olumlu yönde etkilerken gereğinden fazla kullanılması glutenin aşırı kuvvetlenmesine neden olmaktadır. Bu durum; hamur (viskoelastik yapının bozulması, gaz tutma kapasitesinin azalması) ve ekmek niteliklerinin (hacmin ve yumuşaklığın azalması, gözenek yapısının bozulması) gerilemesine yol açar. Bunun için ekmek üretiminde L-AA'nın uygun düzeyde kullanılması gerekir.

L-Askorbik Asidin Ekmek Yapımında Kullanılması ve Etkileri

Hamurların yoğurma sırasındaki oksijen bağlama kapasiteleri; yoğurma koşulları (yoğurma süresi, sıcaklığı ve kuvveti) ile unun serbest yağ asitleri içeriği ve peroksidasyonu ile orantılı olarak değişir. Düşük randımanlı unların oksijen alma kapasiteleri 200 mg/kg düzeyinde iken, yüksek randımanlı unların oksijen alma kapasiteleri 880 mg/kg düzeyindedir. Hamurun sıvı fazındaki oksijen konsantrasyonu, doyma noktası olan 0.2 $\mu\text{mol } O_2 \text{ ml}^{-1}$ değerini aşamaz. Depolanmış kepekli unların oksijen tüketme kapasiteleri ise 2 $\mu\text{mol } O_2 \text{ dakika}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 'dir. Bu nedenle yüksek randımanlı (kepekli) unlar ile hazırlanan hamurlar yoğurmanın henüz başlangıcında anaerobik hale gelirler ve hamurdaki serbest oksijen miktarı azalır. Bunun sonucunda hamur oluşumu ve gelişimi için gerekli olan L-AA'nın DHL-AA'ya dönüşümü ve S-S'lerin oluşumu ile mayaların hamurda çoğalmaları ve yeterli miktarda gaz oluşturmaları kısıtlanır. Dolayısıyla hamur ve ekmek nitelikleri bozulur (Pyler, 1988; Özer, 1998). Yüksek lif içerikli hamurların oksidan madde gereksinimlerinin standart hamurlardan çok daha fazla olması nedeniyle bu tip hamurlarda L-AA'nın 150-200 mg/kg'a varan miktarlarda kullanıldığı belirtilmektedir (Katina, 2003).

Kepeğin, özellikle embriyonun bileşiminde, çok yüksek miktarda bulunan glutation (glutathione), hamurun ve ekmeğin yapısını olumsuz yönde etkilemektedir (Kent, 1982; Pomeranz, 1987; Hahn ve Grosch, 1998). Unların glutation içerikleri 13-35 n mol/g düzeylerinde bulunmasına karşın, bu değer kepekte 170-190 n mol/g düzeyindedir. Ancak, SH bileşenlerinin DHL-AA tarafından S-S'lere dönüştürülmesinde rol oynayan, DHL-AA oksido redüktaz (glutation dehidrojenaz; EC 1.8.5.1.; Şekil 2) unda 13-16 μmol , kepekte ise 7.3-10 μmol düzeyindedir. Buğday kepeğinde bulunan glutation miktarının yüksek, ancak oksidan maddenin görev yapmasında rol oynayan enzimin düşük miktarlarda bulunması, kepeğin hamur niteliklerini bozmada etkili bir etmen olduğunu

düşündürmekte (Grosch, 1986; Özer, 1998) ve bu nedenle kepekli ekmeğin yapımında L-AA kullanılması hamurun teknolojik özelliklerini iyileştirdiği bildirilmektedir (Dubois, 1978, Özer, 1998; Gül, 2007).

L-AA'nın yavaş etkili bir oksidan madde olduğunu belirten Weak ve ark. (1977), bu oksidanın hamurun mekanik olarak işlenmeye karşı toleransını ve uzamaya karşı gösterdiği direnci artırarak ekmeğin hacmini yükselttiğini bildirmişlerdir.

Ekmeğin hamurunda L-AA'nın DHL-AA'ya dönüşümünü inceleyen Elkassabany ve ark. (1980), optimum yoğrulmuş mayalı hamurlarda yoğurma sırasında L-AA'nın tamamının DHL-AA'ya dönüştüğünü ve L-AA'nın düşük oksijen atmosferinde ve düşük pH'da yüksek olanlara göre daha stabil olduğunu bildirmişlerdir. Az yoğrulmuş hamurlarda L-AA'nın az bir kısmının DHL-AA'ya dönüştüğünü, oysa optimum yoğrulmuş hamurlarda bu dönüşümün daha fazla olduğunu bildiren araştırmacılar, bu duruma gerekçe olarak optimum yoğrulmuş hamurların içerisine daha fazla oksijenin girmesini göstermişlerdir. Oksijenin ve mayanın yoğurma sırasında L-AA'nın DHL-AA'ya dönüşmesinde önemli rol üstlendiklerini, mayasız hamurlarda L-AA'nın DHL-AA'ya yavaş dönüşmesinin L-AA oksidaz sayesinde olduğunu, L-AA oksidazın bulunmadığı unlarda ise oksidasyonun diğer enzimatik sistemler aracılığıyla yapıldığını saptamışlardır. Araştırmacılar, onların çok düşük düzeyde L-AA oksidaz içerdiğini bildirmişlerdir (Carter ve Pace, 1965; Honold ve Stahmann, 1968).

Elkassabany ve Hosney (1980), L-AA'nın çok düşük konsantrasyonlarda (15 mg/kg) bile hamurun reolojik özelliklerini etkileyip değiştirdiğini bildirmişlerdir.

L-AA'nın hamurun reolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Ünal, 1980), 25 ile 50 mg/kg düzeylerinde kullanılan L-AA'nın hamurun ekstensogram değerlerine olumlu etki yaptığı; enerji değeri ve uzama mukavemetini artırıp, uzama yeteneğini düşürdüğü saptanmıştır. Aynı araştırmacı, L-AA'nın; hamurun dinlenme süresini kısaltarak hamuru kısa sürede

olgunlaştırdığını, gözenekleri incelttiğini, hamurun gaz tutma yeteneğini arttırdığını ve böylece ekmeğin hacmini yükselttiğini bildirmiştir (Ünal, 1991).

Kontrol hamuruyla karşılaştırıldığında 10 ile 100 mg/kg arasında L-AA ilavesinin ekmeğin hamurunun kuvvetini arttırdığı, L-AA'nın geliştirici etkisinin sadece DHL-AA'nın oksidan işlevi görmesinden değil aynı zamanda, L-AA'nın DHL-AA'ya oksidasyonu sırasında ara oksidasyon ürünü olarak kullanılan oksijen miktarına bağlı olduğu belirlenmiştir. Oksidasyonda kullanılan oksijenin hamurdaki protein molekülleri arasında meydana gelen molekül içi ve moleküller arası SH/S-S değişim reaksiyonlarını etkilediği ve sonuçta üç boyutlu ağ yapısının oluşumunu sağladığı belirtilmiştir. L-AA'nın okside olma oranının hamura ilave edilen L-AA konsantrasyonundan etkilendiği ve bu oranın artmasının hamur kuvvetini arttırdığı belirlenmiştir (Nakamura ve Kurata, 1997a ve b).

Çeşitli araştırmacılar (Elgün ve Ertugay, 1997; Ertugay ve ark., 1997; Özer, 1998; Gül, 2007), unlara L-AA gibi oksidan maddelerin ilave edilmesinin bu unlarla hazırlanan hamurların kuvvetlerini arttırdığını ve gaz tutma kapasitelerini yükselttiğini bildirmişlerdir.

Sonuç

Ekmeğin yapımında unun bileşiminden kaynaklanan bazı kusurların giderilmesi ve ekmeğin niteliklerinin iyileştirilmesi amaçlarıyla çeşitli katkı maddeleri günümüzde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu katkı maddeleri içerisinde oksidan maddeler, bu maddeler içerisinde de L-AA çok özel ve önemli bir yere sahiptir.

Ekmeğin katkı maddesi olarak uygun miktarda L-AA kullanılması genel olarak sağladığı avantajlar şöyle özetlenebilir: Unun dinlenme süresini kısaltır ve olgunlaşmayı sağlar. Fermente olan hamurdaki CO₂ oluşumunu arttırmaz ama gluteni kuvvetlendirerek hamuru daha elastik hale getirir ve hamurun gaz tutma yeteneğini artırır. Bu da ekmeğin hacminin artmasını

(yaklaşık %10 düzeyinde) sağlar. Ayrıca, ekmek içinin homojen bir gözenek yapısına sahip olmasına ve daha beyaz bir görünüm kazanmasına yardımcı olur (Bahar, 2001; Altan, 2004).

L-AA'nın, ekmek yapımında belirli bir düzeye kadar kullanılması ekmek niteliklerini olumlu yönde etkilerken gereğinden fazla kullanılması özün aşırı kuvvetlenmesine neden olmaktadır. Bu durum; hamur ve ekmek niteliklerinin gerilemesine yol açar. Bunun için ekmek üretiminde L-AA'nın uygun düzeyde kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Kaynaklar

- ALTAN, A., 2004. Tahıl İşleme Teknolojisi (Yayınlanmamış Ders Notları). Adana.
- ANONYMOUS, 1996. Merck Catalogue (Reagents, Chemicals, Diagnostics) 1996.
- ANONYMOUS, 1997. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. 16 Kasım 1997. Dünya Yayıncılık, Ankara, 198s.
- BAHAR, B., 2001. Un İşleme Ajanları (T. ALTUĞ Editör). Gıda Katkı Maddeleri, Meta Basım, İzmir, sayfa 241-259.
- BLANSHARD, J. M. V., FRAZIER, P. J., and GALLIARD, T., 1988. Chemistry and Physics of Baking. Royal Society of Chemistry. England, 276s.
- BONET, A., ROSELL, C. M., CABALLERO, P. A., GOMEZ, M., PEREZ-MUNUERA, I., and LLUCH, M. A., 2006. Glucose Oxidase Effect on Dough Reology and Bread Quality : A Study From Macroscopic to Molecular Level. Food Chemistry, In press.
- CARTER, J. E., and PACE, J., 1965. Some Interrelationships of Ascorbic Acid and Dehydroascorbic Acid in the Presence of Flour Suspensions and in Dough. Cereal Chemistry, 42:201-208.
- CEMEROĞLU, B. ve ACAR, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği. Yayın No:6, Ankara, 512s.
- ÇAKMAKÇI, S. ve ÇELİK, İ., 2004. Gıda Katkı Maddeleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 214s.
- DEMİRALP, H., 1997. Bazı Ekmek Katkı Maddelerinin Gluten Fraksiyonlarındaki Protein-Lipid Kompleksi Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 69s.
- DEMİRALP, H., ÇELİK, S., and KÖKSEL, H., 2000. Effects of Oxidizing Agents and Defatting on the Electrophoretic Patterns of Flour Proteins During Dough Mixing. European Food Research Technology, 211(2000):322-325.
- DUBOIS, K. D., 1978. The Practical Application of Fiber Materials in Bread Production. Baker's Digest, 52(2):30-33.
- ELGÜN, A. ve ERTUGAY, Z., 1997. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 376s.
- ELKASSABANY, M., and HOSENEY, R. C., 1980. Ascorbic Acid as an Oxidant in Wheat Flour Dough. II. Rheological Effects. Cereal Chemistry, 57(2):88-91.
- ELKASSABANY, M., HOSENEY, R. C., and SEIB, P. A., 1980. Ascorbic Acid as an Oxidant in Wheat Flour Dough. I. Conversion to Dehydroascorbic Acid. Cereal Chemistry, 57(2):85-87.
- ERCAN, R., ve ÖZKAYA, H., 1986. Ekmeğin Bayatlaması Üzerine Surfaktantların ve Bazı Katkı Maddelerinin Etkisi. Gıda Dergisi, 11 (1):3-10.
- ERTUGAY, Z., AYIK, S. ve ÇELİK, İ., 1997. Farklı Oranlarda Oksidan İlavesi ve Mekaniksel Hamur Geliştirme Yönteminin Ekmek Özellikleri Üzerine Etkisi. Turkey Journal of Agriculture and Forestry, 21(1997):57-64.
- EVERY, D., GRIFFIN, W.B., and WILSON, P.E., 2003. Ascorbate Oxidase, Protein Disulfide Isomerase, Ascorbic Acid, Dehydroascorbic Acid and Protein in Developing Wheat Kernels, and Their Relationship to Protein Disulfide Bond Formation. Cereal Chemistry, 80(1):35-39.

- FISCHER, F., 1985. Oxidation & Reduction: Electron Transfer is Key to Dough Improvements. *Bakers Digest*, 31:22.
- FITCHETT, C. S., and FRAZIER, P. J., 1986. Action of Oxidants and Other Improvers (J. M. V. BLANSHARD, P. J. FRAZIER ve T. GALLIARD Editörler). *Chemistry and Physics of Baking*, The Royal Society of Chemistry, England, page 179-198.
- GRANT, D.R., and SOOD, V.K., 1980. Studies of the Role of Ascorbic Acid in Chemical Dough Development. II. Partial Purification and Characterization of an Enzyme Oxidizing Ascorbate in Flour. *Cereal Chemistry*, 57 (1): 46-49.
- GROSCH, W., 1986. Redox Systems in Dough (J. M. V. BLANSHARD, P. J. FRAZIER ve T. GALLIARD Editörler). *Chemistry and Physics of Baking*, The Royal Society of Chemistry, England, page 155-169.
- GROSCH, W., and WIESER, H., 1999. Redox Reactions in Wheat Dough as Affected by Ascorbic Acid. *Journal of Cereal Science*, 29: 1-16.
- GÜL, H., 2007. Mısır ve Buğday Kepeğinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, 232s.
- HAHN, B., and GROSCH, W., 1998. Distribution of Glutathione in Osborne Fractions as Affected by Additions of Ascorbic Acid, Reduced and Oxidised Glutathione. *Journal of Cereal Science*, 27(1998):117-125.
- HONOLD, G. R., and STAHMANN, M. A., 1968. The Oxidation-Reduction Enzymes of Wheat. IV. Qualitative and Quantitative Investigations of the Oxidases. *Cereal Chemistry*, 45:99-108.
- HOSENEY, R. C., 1986. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A., 378s.
- KATINA, K., 2003. High-Fibre Baking (S.P. CAUVAIN editor). *Bread Making Improving Quality*, CRC Press, Boca Raton Boston, New York, USA.
- KENT, N. L., 1982. *Technology of Cereals*. Pergamon Press, U.S.A., 221s..
- KUNINORI, T., and MATSUMATU, H., 1964. Dehydro-Ascorbic Acid Reducing System in Flour. *Cereal Chemistry*, 41:281-289.
- MELVILLE, J., and SHATTOCK, H. T., 1938. The Action of Ascorbic Acid as a Bread Improver. *Cereal Chemistry*, 15:201.
- MILLER, K. A., and HOSENEY, R. C., 1999. Effect of Oxidation on the Dynamic Rheological Properties of Wheat Flour-Water Doughs. *Cereal Chemistry*, 76(1):100-104.
- NAKAMURA, M., and KURATA, T., 1997a. Effect of L-Ascorbic Acid on the Rheological Properties of Wheat Flour-Water Dough. *Cereal Chemistry*, 74(5):647-650.
- NAKAMURA, M., and KURATA, T., 1997b. Effect of L-Ascorbic Acid and Superoxide Anion Radical on the Rheological Properties of Wheat Flour-Water Dough. *Cereal Chemistry*, 74(5):651-655.
- ÖZER, M. S. ve ALTAN, A., 1995. Küçük Ekmek Yapımında Bazı Katkı Maddelerinin Kullanılmasının Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkileri. *Gıda Dergisi*, 20(6):357-363.
- ÖZER, M.S., 1998. Kepekli Ekmeklerin Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve Kalitelerinin İyileştirilmesi Olanakları. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, 152s.
- POMERANZ, Y., 1987. *Modern Cereal Science and Technology*. VCH Publishers, Inc., Washington, U.S.A., 486s.
- PYLER, E. J., 1988. *Baking Science and Technology*. Sosland Publishing Company, U.S.A., 1345s.
- SCHOFIELD, J. D., 1986. Flour Proteins: Structure and Functionality in Baked Products (J. M. V. BLANSHARD, P. J. FRAZIER ve T. GALLIARD Editörler). *Chemistry and Physics of Baking*, The

- Royal Society of Chemistry, England, page 14-29.
- TAPUCU, B. Ş. K., 1996. Effects of Vital Wheat Gluten, Ascorbic Acid and DATEM on Bread Quality by Using Response Surface Methodology. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 75s.
- ÜNAL, S. S., 1980. Hamur Niteliklerine Bazı Katkı Maddelerinin Etkisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri:B 1(1):23-29.
- ÜNAL, S. S., 1991. Hububat Teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Baskısı, İzmir, 216s.
- WEAK, E. D., HOSENEY, R. C., SEIB, P. A., and BIAG, M., 1977. Mixograph Studies. I. Effect of Certain Compounds on Mixing Properties. Cereal Chemistry, 54:794-802.
- WIKSTRÖM, K., and ELIASSON, A. C., 1998. Effects of Enzymes and Oxidizing Agents on Shear Stress Relaxation of Wheat Flour Dough: Addition of Protease, Glucose Oxidase, Ascorbic Acid, and Potassium Bromate. Cereal Chemistry, 75(3):331-337.