

Ekmeğin Bayatlaması

Dr. Recai ERCAN — Doç. Dr. Hazım ÖZKAYA

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi A.B.D.

1. GİRİŞ

Gıdaların kabul edilebilirliği ya da seçimlerinde, onların kimyasal bileşimi yanında, görünüşleri ve duyuşal özelliklerinin de önemi büyüktür. Ekmek kabuk rengi, ekmek içinin tekstürü ve yumuşaklığı tüketiciler tarafından ekmeğin kabul edilebilirliğini değerlendirmede en fazla kullanılan kriterlerdir (POMERANZ ve SHELLENBERGER, 1971). Hafif nemli ve sünger gibi bir yapıya sahip fırın ürünlerinin kaliteleri, kaçınılmaz olarak ve yavaş yavaş bozulmaya uğramaktadır. Bu bozulma çoğunlukla bayatlama olarak adlandırılmaktadır. Ekmeğin bayatlaması, onun bileşimi ve gıda değeri üzerinde etkili olmamakla birlikte tüketim değerini azaltmaktadır. Buna ilaveten bayatlamış ekmek istekle yenmediğinden önemli ölçüde israfa ve büyük ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Örneğin bu konuda hemen her türlü tedbirlerin alındığı Amerika'da üretilen ekmeklerin % 7.5 - 9.5 i bayatlama olayı nedeniyle tüketilememekte ve fırınlara geri gönderilmektedir (POMERANZ, 1971). Aynı ülkede üretilen 7 milyon ton ekmeğin 550 bin tonu bayatlama nedeni ile israf olmaktadır (KİM ve D'APPOLONIA, 1977). Ülkemizde de özellikle büyük kentlerde görülen ekmek israfında, diğer faktörler yanında en fazla payı ekmeğin bayatlaması almaktadır.

2. BAYATLAMANIN TANIMI

Ekmek, karmaşık ve sabit olmayan bir yapıya sahip olup, bayatlama eğilimi gösterir. Yüzyılı aşan bir süredenberi ekmekteki bayatlamamanın nedenleri, bayatlama koşulları, bayatlama ile gözlenen değişimler ve bayatlama ile kalite arasındaki ilişkiler üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Genel anlamda ekmeğin bayatlaması, ekmek fırından çıktıktan sonra meydana gelen değişimlerin tümünü kapsamakta ancak bu olayın bilimsel tanımı konusunda araştırmacılar arasında görüş farkı bulunmaktadır.

BİCE ve GEDDES (1949)'e göre ekmeğin bekletilmesi sırasında oluşan ve uçucu bile-

şiklerin kaybı nedeniyle tad ve aromada meydana gelen değişimler, ekmek içi sertliğindeki ve ufalanmasındaki artış, matlaşma ve su tutma kapasitesi ile çözünür nişasta miktarındaki azalma ekmeğin bayatlaması anlamına gelmektedir. Başka bir görüşe göre bayatlama, mikroorganizmaların neden olduğu değişikliklerin dışında kalan ve tüketicilerin beğenisini azaltan ekmek içinin katılaşması, kabuk gevrekliğinin sona ermesi ve taze ekmek aromasının kaybolması gibi değişimlerin tümünü kapsamaktadır (BECHTEL ve Ark, 1953; WALDT, 1968; WILLHOFT, 1973). Öte yandan ekmek içinde meydana gelen değişimlere ek olarak ekmek kabuğunun yumuşak ve kayış gibi bir yapı kazanması da bayatlama olarak değerlendirilmektedir (D'APPOLONIA ve MORAD, 1981).

3. EKMEK BAYATLAMASI SONUCU MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

Bayatlama olayı ekmeğin bayatlaması sırasında meydana gelen değişimler dikkate alınarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte bayatlama süreci içerisinde meydana gelen değişimleri gözden geçirirken kabuğun bayatlaması ile ekmek içinin bayatlamasını ayrı ayrı ele almak daha doğru olacaktır. Çünkü ekmek içi ve kabuğunun bayatlaması birbirinden farklıdır. HERZ (1965); ekmek içinin tat ve aromasının değişmesi, nişastanın kristalleşmesi, ekmek içinin sertliğinin artması, ufalanabilir hale gelmesi ve saydamlığının ve absorbe edilen su miktarının azalmasını bayatlamamanın en önemli özellikleri olarak göstermiştir.

3.1. Ekmek Kabuğunun Bayatlaması

Taze halde genellikle kuru, gevrek ve kolay kırılabilir bir yapıya sahip olan kabuk, bayatlama olayından sonra yumuşak ve kayış gibi bir hal almaktadır (CATHCART, 1940).

Ekmek kabuğunun bayatlaması genellikle çok önemli olmamakla birlikte (STONE, 1952) bayatlama sırasında meydana gelen değişimler oldukça ilginçtir. Kabuğun kendine özgü lezzet ve kokusu tamamıyla yok olur, sonuçta hoş olmayan ve çoğu kez de hafif acı bir tat olu-

şur. PYLER (1973)'e göre kabuğun bayatlamasında meydana gelen başlıca olay, rutubetin ekmeğin içinden kabuğa doğru hareketlenmesidir. Kabuk higroskopik özellikte birçok madde içermektedir. Bu nedenle, dışarıya doğru yayılan rutubeti çeker ve böylece kabuğun rutubet miktarı artar. Ekmeğin rutubet geçirmeyen ambalaj malzemelerine sarılması, buharlaşma sonucu rutubetin kabuktan ayrılıp havaya yayılmasını önlediğinden kabuk bayatlamasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bazı araştırmalarda ekmeğin kabuğunun rutubet kaybına neden olduğu ve sonuçta da bayatlamayı teşvik ettiği görülmüştür. Örneğin fırından çıktıklarında % 42.9 oranında ve eşit miktarda rutubet içeren kabuklu ve kabuksuz ekmeğin 24°C de 96 saat süre ile bekletildiklerinde kabuklu ekmeğin rutubet miktarı % 39.4 ve kabuksuz ekmeğin rutubet miktarı da % 42.6 ya düşmekte ancak ekmeğin içi ufalanma ve kompresibilite değerlerinde bir fark meydana gelmemektedir (BRADLEY ve THOMSON, 1950). 24°C de 44 ve 140 saat süre ile bekletilen kabuklu ve kabuksuz ekmeğin 140 saat sonunda tazelik oranları ölçüldüğünde kabuksuz ekmeğin tazelik oranı % 83 bulunduğu halde kabuklu olarak yapılanlarda % 14 bulunmuştur (BECHTEL ve Ark. 1953).

3.2. Ekmeğin İçinin Bayatlaması

Kabuğun bayatlaması, dokunun yumuşaması ile belirlenirken, ekmeğin içinin bayatlaması bunun tamamen tersi yani dokunun sertleşmesi ile tanımlanmaktadır.

Ekmeğin bayatladıkça iç yapısı daha sert ve kolay parçalanabilir hale gelir. Hem koku hem de tadı bir bozulma olur. Bayatlama ilerledikçe belirgin bir nem kaybı ortaya çıkar. Tüm bu değişiklikler muhtemelen aynı zamanda başlanmasına rağmen bunların oranları farklıdır ve muhtelif zamanlarda farkedilirler. Ekmeğin kabuklu ve kabuksuz meydana gelen değişimler şu sırayı takip eder önce ekmeğin içi katılaşması ve sertleşmesi daha sonra ufalanma ve sonunda buharlaşma sonucu rutubet kaybı (ALSBERG, 1936).

Bayat ekmeğin içinden elde edilebilecek suda çözülebilir nişasta miktarı, taze ekmeğin

ten elde edilenden daha azdır. Ayrıca taze ekmeğin suya konulduğunda bayata kıyasla daha iyi şişme gücüne sahip olduğu gözlenmiştir.

4. BAZI KOMPONENTLERİN EKMEĞİN BAYATLAMASINA ETKİSİ

4.1. Ekmeğin Bayatlamasında Suyun Etkisi

Önceleri, ekmeğin bayatlamasının sadece rutubet kaybının bir sonucu olduğuna inanılmakta idi, fakat daha 1800 lü yıllarda ekmeğin rutubet kaybını önleyen kapalı kaplar içerisinde dahi bayatladığı ispat edilmiş (BOUSSINGAULT, 1852). Sonraları bu konuda birçok araştırma yapılmıştır.

KATZ (1928) tarafından yapılan bir araştırmada bayatlamamanın ekmeğin rutubetine bağlı olduğu ve rutubeti % 16.4 den aşağı olan ekmeğin rutubeti % 36.8 den yukarı olan ekmeğin uzun süre bayatlamayacağı belirtilmiştir. GEDDES ve BICE (1946) bu fikre tam katılmayıp yaptıkları araştırmalarda ekmeğin rutubeti % 54 ün üstünde olduğu zaman bayatlamamanın yavaşlayacağını belirtmişlerdir. Bu konuda yapılan daha sonraki bir araştırmada yüksek oranda rutubet ihtiva eden ekmeğin düşük rutubetli olanlara kıyasla daha geç bayatlamayacağı belirtilmekle yetinilmiş ancak herhangi bir rutubet sınırı verilmemiştir (BECHTEL ve MEISNER, 1954).

Ekmeğin su miktarı nişastanın çirleşme derecesini, kristalizasyonunu ve jel katılığını etkilemektedir. Ekmeğin rutubet miktarı arttıkça kristalizasyon hızı azalmakta ve % 63 rutubetten sonra çok sınırlı miktarda kristalizasyon meydana gelmektedir. Nişastanın kristalizasyonunun ise ekmeğin bayatlamasında önemli olduğu iddia edilmektedir (HELMAN ve Ark. 1954).

Ekmeğin beklemesi sonucu rutubetini kaybetmesi bayatlamaya etkili olan diğer faktörleri hareketi geçirmekte ve bayatlamayı hızlandırmaktadır (Mc. MASTERS, 1961).

4.2. Ekmeğin Bayatlamasına Sıcaklığın Etkisi

Bayatlayan ekmeğin kabuğunun yumuşadığı içinin ise aksine sertleştiği bilinmektedir. Bu olayın ise belli sıcaklık derecelerinde daha hızlı olduğu bir gerçektir. Örneğin bayatlaması en

fazla 0 ile -2°C de olmakta $+ 40^{\circ}\text{C}$ ile -8°C de bayatlama çok yavaş meydana gelmektedir (KATZ, 1934).

Ayrıca bayat ekmeğin kontrollü koşullarda ısıtıldığı takdirde taze ekmeğin bazı özelliklerini yeniden kazanır. Bu konuyu araştıran KATZ (1928) bayatlamamanın sıcaklığın bir fonksiyonu olduğunu ve 60°C nin üstündeki bir sıcaklıkta tutulan ekmeklerin rutubeti kontrol edildiği takdirde 48 saat bayatlamadan kalabileceğini belirtmiştir. BECHTEL ve Ark. (1953) ise rutubeti yeter düzeyde olan ekmeklerin 60°C ısıtmakla tekrar taze hale gelebileceğini ifade etmiştir.

4.3. Nişasta Kristalizasyonunun Etkisi

Ekmeğin bayatlaması genellikle nişastanın yapısında meydana gelen değişmelere bağlanmaktadır. Bu nedenle ekmeğin bayatlaması incelenirken en fazla nişastadaki değişmeler dikkate alınmaktadır. Bu konuda ilk çalışmayı yapan LINDET (1902), nişastanın kolloid çözelti durumunda iken kendiliğinden çökmesi olayını «retrogradasyon» olarak isimlendirmiş ve çökmüş nişasta çözeltisinin ısıtmayla eski durumuna döndüğünü yani bu olayın reversibl olduğunu belirtmiştir. Buna karşılık bazı araştırmacılar nişastanın retrogradasyonu ile ekmeğin bayatlamasının birbirinden farklı olaylar olduğu görüşündedirler. ALSBERG (1928), retrogradasyon olayının ekmeğin bayatlamasından daha yavaş meydana geldiğini belirtmektedir.

Ayrıca bayat ekmeğe 50°C ısıtılmak suretiyle başlangıçtaki tazeliği kazandırıldığı halde nişastanın düz zincirli bileşeni olan amilozun retrogradasyonu eski durumuna dönememektedir. Bu durumda araştırmacı bayatlamamanın yalnızca retrogradasyona bağlanmasının doğru olmayacağını ifade etmektedir. Sadece nişastada meydana gelen değişmelere retrogradasyon, ekmeğin bekletilmesi sırasında meydana gelen ve muhtemelen nişastadaki değişikliklerle sınırlandırılmamış olayların tümü için de bayatlama terimlerinin kullanılmasının daha doğru olacağı retrogradasyon ile bayatlama arasında ise yakın bir ilişkinin olduğu kabul edilmektedir (HERZ, 1965).

LINDET (1902), nişasta azalması olgusu ise bayatlama arasında ilişki kuran ilk araştırmacıdır ve bayatlayan ekmeğin içinde çözülebilir nişasta azalmasını, nişastadan ayrılan rutubet kaybına bağlamaktadır. Sözkonusu azalma, muhtemelen serbest kalan rutubetin gluten tarafından absorbe edilmesiyle nişastanın bir kısmının şekilsiz, jelatinize, ve kristal bir bileşik durumuna dönmesinden kaynaklanmaktadır. Bu tip nişasta azalması görüşü bayatlama üzerine yapılan çalışmalara yeni bir boyut kazandırmıştır. KATZ (1928), bu görüşü geliştirerek bayatlama olayının sıcaklığın bir fonksiyonu olduğunu ileri sürmüştür. Bununla ilgili olarak yaptığı denemede, depolama sıcaklığının 60°C veya üstünde tutulması halinde kontrollü rutubet şartları altında bekletilen ekmeğin 24 - 48 saat taze kalacağını belirtmiştir. Aynı araştırmacının röntgen ışınları ile yaptığı çalışmalarda taze ekmeğin içinde bulunan nişastanın stabil olmayan amorf şeklin V modeli verdiği ve bayatlama sonucunda röntgen ışını spektrumunun beta tipi X ışınları gösteren stabil olmayan kristal şekle dönüştüğü anlaşılmıştır. Araştırmacıya göre taze ekmekte bulunan amorf nişasta, bayat ekmekte bulunan kristal nişastadan daha fazla su bağlama yeteneğindedir ve bu nişasta suyu kolloid durumda tutarak şişmekte ve taze ekmeğe nemlilik, elastikiyet ve yumuşaklık vermektedir. Buna karşılık, bayatlama sırasında nişastadan suyun ayrılması ile nişasta granülleri daha da katılaşmakta, kristalleşmekte ve büzülmeaktedirler. Nişastadan ayrılmış olan su, öz tarafından tutulduğu için de elastik olmayan, sert yapıya sahip ekmeğin içi oluşmaktadır.

Daha sonraları ZOBEL ve SENTI (1959)'in, röntgen ışınları ile yaptıkları araştırmalarda bakteriyel alfa - amilazın ekmeğe ilavesiyle kristalleşmenin artmasına rağmen bayatlamamanın geciktiği tesbit edilmiş ve sertleşmenin asıl sebebinin kristalleşme olmadığı, fakat kristalleşmiş kısımları birbirine bağlayan nişasta moleküllü zincirlerinin teşkil ettiği ağ yapısının olduğu ileri sürülmüştür. Ayrıca nişasta çirşinin kristallenmiş kısmının ancak % 15 civarında olduğu, ve geri kalan kısımların amorf durumda kaldığı halde bütün çirşinin sertliğinin arttığı saptanmıştır.

Nişastanın iki ana komponenti olan amiloz ve amilopektinin ekmeğin bayatlamasındaki veya ekmeğin sertleşmesindeki durumları konusunda da araştırmacılar arasında görüş ayrılıkları vardır.

Bazı araştırmacılar ekmeğin bayatlamasında amilozun retrogradasyonunu sorumlu tutmaktadırlar. Ekmeğin bayatlaması sırasında amiloz miktarının azalması, bu görüşün kanıtı olarak gösterilmektedir (KATZ, 1928; GEDDES ve BICE, 1946; PERSHENKE ve HAMPEL, 1961; MAGA, 1975). Hidrofil karakterdeki amiloz molekülleri bu şekilde düzensiz spiralleri düzenli bir şekilde bulunurlar. Kompleks oluşturan bileşikler bu şekilde düzensiz spiralleri düzenli bir şekilde dönüştürme gücündedirler. İnfra-red spektrofotometre ile yapılan araştırmalardan anlaşıldığına göre bayatlamış yarı kristal haldeki amiloz zincirleri hidrat sularını kaybederek ya birbirleri arasında veya bizzat molekül içinde hidrojen bağlantıları ile bağlanıp uzamış amiloz zincirlerini meydana getirmektedirler. Retrogradasyonun nedeni olarak bu hidrojen bağlarının oluşması gösterilmekte ve düz zincir haline dönüşmek için gerekli tüm enerjiyi de yine hidrojen bağlarının sağladığına inanılmaktadır. Düşük sıcaklık derecelerinde retrogradasyon çok hızlı gelişirken, 60°C'nin üzerinde hiç görülmemektedir. Bunun nedeni kısmen ısının verdiği yüksek hareket nedeniyle yüksek sıcaklık derecelerinde amiloz moleküllerinin kinetik olarak serbest kalması ve düz moleküllerin tekrar spiral duruma dönmesidir. Bayat ekmeğin ısıtılması ile kısmen taze ekmeğin nişastasını kazanması bu olay ile açıklanmaktadır (SENTI ve DIMLER, 1960; HOLLO ve Ark., 1960).

Bir grup araştırmacı ise ekmeğin bayatlamasında daha çok nişastanın amilopektin komponentinin sorumlu olduğuna inanmaktadırlar. Bu görüşü savunanlardan SCHOCH ve FRENCH (1947) ekmeğe ve % 50 lik nişasta jelinde depolama süresi uzadıkça ekstrakte edilebilen çözünür nişasta miktarının arttığını saptamışlar ve bunu bayatlama sırasında amilopektin fraksiyonunun kendiliğinden bir araya gelip yumaklaşmasına bağlamışlardır. Araştırmacılar amilopektinin retrogradasyonunda da dış dallardaki intermoleküler birleşme ile açıklamışlardır. ZOBEL (1973) Bayatlamayı ve nişasta-

nın retrogradasyonunu çapraz bağlantılı amilopektin miktarındaki artışa bağlayarak bu görüşü desteklemiştir. Bayatlamış amilopektin jelindeki retrogradasyon 65°C ısıtmakla kaybolurken amiloz ancak 140°C de çözünür hale gelmektedir. SCHOCH (1965) bayat ekmeğinde 55 - 60°C de ısıtmakla tekrar taze özellik kazandığına göre amilopektinin bu olayda önemli rolü olduğunu belirtmektedir. Araştırmacılara göre amiloz fraksiyonu ekmeğin pişmesi sırasında biraraya gelerek elastik yapıda, çözünmeyen ağ şeklinde bir çirş meydana getirirler ve ekmeğin bekletilmesi sırasında retrogradasyona iştirak etmezler.

Bayatlamayı, amiloz ve amilopektinin birlikte katıldığı bir değişme olarak değerlendiren görüş de mevcuttur. Bu görüşte olan araştırmacıların bazıları ekmeğin bayatlamasında buğday nişastasının dallı unsuru olan amilopektindeki değişmelerin çok önemli rolü olduğunu ve amilozun da bayatlamayı etkileyebildiğini ifade etmişlerdir (NOZNICK ve Ark., 1946). Daha sonra retrogradasyon hem amiloz hem de amilopektin moleküllerinin dış dallarının hidrojen bağı ile birleşmesi olarak tanımlanmıştır (COLLISON, 1969). ERLANDER ve ERLANDER (1969) tarafından da nişastanın retrogradasyonuna amiloz ve amilopektin zincirlerinin birbirleri üzerine gelmesinin neden olduğu ileri sürülmüştür.

KIM ve D'APPOLONIA (1977), taze ekmeğin içinden ekstrakte ettikleri çözünür nişastanın çoğunlukla amilopektinden oluştuğunu ve suda çözülebilen nişasta içinde çok az miktarda saptanan amilozun daha pişirme - soğutma sırasında ve depolamanın başlangıcında büyük ölçüde retrograde olduğunu saptamışlardır. Bu nedenle de nişastanın retrogradasyonunda amilozun rolünün az olduğu ve en fazla sorumluluğun amilopektine ait olduğu sonucuna varmışlardır. Bu görüşü HEINZ (1983), yaptığı araştırmalarla doğrulamıştır. Araştırmacı, taze ve bekletilmiş jel ekstraktında amiloz ve amilopektin oranını iyot titrasyonu ile amperometrik olarak saptamış ve her iki nişasta fraksiyonunun da retrogradasyona katıldığını belirtmiştir. Amiloz, jelin soğutulmasından hemen sonra ve depolamanın ilk günlerinde retrograde olmakta yani çözünmez duruma gelmekte veya hiç

çözünmemektedir. Ekstraktın amilopektin miktarındaki azalma ise daha yavaş olmaktadır.

KNIGHTLY (1977) de, bayatlamada amiloz ve amilopektinin birlikte sorumlu olduğunu kabul etmekle birlikte, değerlerinin aksine ekmeğin yapma esnasında jelatinleşmiş nişastada amilozun hemen retrogradasyona uğraması nedeniyle amilozun retrogradasyona eğiliminin amilopektinden daha fazla olduğunu ifade etmektedir.

4.4. Protein Miktar ve Kalitesinin Etkisi

Ekmeğin esas olarak 1:6:5 oranlarında protein; nişasta: sudan meydana gelir (WILLHOFT, 1973). Bu nedenle ekmeğin bayatlamasında veya nişastanın retrogradasyonunda su ve nişastadaki değişmelerin yanında protein miktar ve kalitesinin de rolü olması gerekir. Nitelikli yapılan bir araştırmada protein miktarı yüksek olan ekmeğin protein miktarı düşük olan ekmeğe göre daha az bayatladığı anlaşılmıştır (STELLER ve BAILEY 1938). Ekmeğin bayatlaması ve protein miktarı arasındaki bu ters ilişkinin yanında protein kalitesinin de rol oynadığı, protein miktarı ile ekmeğin bayatlaması arasındaki ilişkinin doğrusal bir ilişki olmadığı ifade edilmektedir (BECHTEL ve MEISNER, 1954; PRENTICE ve Ark., 1954; ELTON, 1969). Değişik oranlarda protein ihtiva eden unlardan yapılan ekmeğin kompresibilite, ufalanabilme ve suda şişme kabiliyetindeki azalmaların protein miktarındaki artışa kıyasla daha az olduğu tesbit edilmiştir. Protein miktarı arttıkça ekmeğin su absorbe etme yeteneği ve ekmeğin hacmi artmakta buna karşılık ekmeğin sertleşmesi ve sertleşme hızı azalmaktadır.

Ekmeğin içi gözenek duvarları, nişasta granüllerinin içerisinde kömülü olarak bulunduğu glutenden oluşmuştur (SANDSTEDT, 1961). Nişasta tanecikleri bu gluten içerisinde birbiri ile temas halindedir. Gluten yada protein miktarı arttıkça nişasta granülleri arasındaki ilişkinin azalacağı ve bu şekilde ekmeğin sertleşmesinin de azalacağı ileri sürülmektedir (SAYGIN, 1972). Bazı araştırmacılar protein miktarı ile ekmeğin kompresibilitesi arasında önemli bir korrelasyon bulamazken (PONTE, 1962) bazı araştırmacılar protein oranının yüksek olmasının un jelinde sertleşmeyi azalttığını belirtmektedirler (CLUSKEY ve Ark. 1959; PELSENKE ve HAMPEL, 1961; KIM ve D'APOLLONIA, 1977). Bu araştırmacıların bulgularına göre ekmeğin protein oranının artması, retrogradasyon hızını geciktirmektedir. Proteinin bu etkisi, proteinin kalitesine değil birinci derecede nişastanın seyreltilmiş olmasına bağlanmaktadır. WILLHOFT (1971), nişasta ve özden oluşan model sistemlerdeki kendi bulgularına dayanarak, proteinin bayatlama işlemine katıldığı sonucunu çıkarmakta ve bu olguyu, glutenin su strüktüründeki irreversibl değişmelere bağlanarak bu durumda glutenden nişastaya su geçtiğini ifade etmektedir. ERLANDER ve ERLANDER (1969)'a göre protein molekülleri (buğdaydaki gliadin, glutenin ve albuminlerin amid gurupları) glikoz ünitelerinin 2. ve 3. karbon atomlarının hidroksil gurubları ile kompleks yaparak heliks yapısını parçalamakta ve bu şekilde retrogradasyonu önlemektedir.

Bütün bu verilerden anlaşılacağı gibi ekmeğin bayatlaması ekmeğin içindeki çeşitli bileşimlerin iştirak ettiği fakat hangisinin rolünün ne oranda olduğunun tam olarak açıklanamadığı son derece karmaşık ve fakat kaçınılmaz olan bir olaydır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- ALSBERG, C.L. 1936 The Stale Bread Problem in CATHCART, W.H. 1940. Review of Progress in Research on Bread Staling. Cereal Chem, 17: 100 - 121.
- BECHTEL, W.G., D.F. MEISNER and W.B. BRADLEY, 1953. The Effect of the Crust on the Staling of Bread. Cereal Chem. 30: 160 - 168.

- BECHTEL, W.G. and D.F. MEISNER, 1954. Staling Studies on Bread Made with Flour Fractions IV. Effect of Gluten and Wheat Starch. Cereal Chem, 31: 182 - 187
- BICE, C.W. and W.F. GEDDES, 1949. Studies on Bread Staling. IV. Evaluations of Methods for the Measurements of Changes Which Occur During Bread Staling. Cereal Chem, 16: 440 - 465.

- BRADLEY, W.G. and J.B. THOMPSON, 1950. The Effect of crust on changes in Crumb-ness and Compressibility of Bread Crumb During Staling. *Cereal Chem.* 27: 331 - 335.
- CATHCART, W.H. 1940. Review of Progress in Research on Bread Staling. *Cereal Chem.* 17: 100 - 121.
- COLLISON, R., G.A.H. ELTON. 1961. Some Factors Which Influence the Rheological Properties of starch gels. *Starke* 13, 164.
- D'APPOLONIA, B.L. and M.M. MORAD. 1981. Bread Staling. *Cereal Chem.* 58: 186 - 190.
- ELTON, G.A.H. 1969. Some Quantitative Aspects of Bread Staling. *Bakers Digest* 43 (3) 24.
- ERLANDER, S.R. and L.G. ERLANDER. 1969. Explanation of Ionic Sequences in Various Phenomena. X. Protein - Carbohydrate Interactions and Mechanism for the Staling of Bread. *Die Starke* 21: 305 - 315.
- HELLMAN, N.A., B. FAIRCHILD and F.R. SENTI 1954. The Bread Staling Problem. Molecular Organization of starch upon Aging of concentrated Starch Gels at Various Moisture Levels. *Cereal Chem.* 31: 495 - 505.
- HERZ, K.O. 1965. Staling of Bread. A Review *Food Tech.* 19 (12): 90 - 103.
- HOLLO, J., J. SZEJTLI and G.S. GANTNER. 1960. Der Mechanismus der Retrogradation Von Amylose. *Die Starke* 12: 106 - 108.
- KATZ, J.R. 1928. Gelatinization and Retrogradation of Starch in Relation to the Problem of Bread Staling in HERZ, K.O. 1965, Staling of Bread. A Review. *Food Tech.* 90 - 103.
- KIM, S.K. and B.L. D'APPOLONIA, 1977. Bread Staling Studies I. Effect of Protein content on Staling Rate and Bread Crumb Pasting Properties. *Cereal Chem.* 54: 207 - 215.
- KNIGHTLY, W.H. 1977. The Staling of Bread ((A Review). *Bakers Digest* 51 (5) 52.
- LINDET, L. 1902. Sur Les Etats qui Presente L'amidon dans Le Pain Tendre et Dans Le pain Rassis in HEINZ, K. 1983. Untersuchungen Über die Retrogradation der starke in Konzentrierten Weizenstarkelen. ADAG Administration and Druck Zurich. 107 s.
- MAGA, J.A. 1975. Bread staling crit. *Rev. Food Tech.* 5. 443.
- Mc MASTERS, M.M. 1961. Starch Research and Baking. *Bakers Digest* 35 (5) 42.
- MORAD, M.M. and B.L. APPOLONIA, 1980. Effect of Surfactans and Baking Procedure on water soluble and Soluble Starch in Bread Crumb. *Cereal chem.* 57: 141 - 143.
- NOZNICK, P.P., P.P. MERRITT and W.F. GEDDES. 1946. Staling Studies on Breads Containing Waxy Maize Starch *Cereal Chem.* 23: 297 - 304.
- PELSENKE, P.F., G. HAMPEL, 1961. Über das Altbackenwerden Von Brot und Gebäck, I. Theoretische Bet-rachtungen und Method. *Brot und Gebäck.* 15 - 180.
- POMERANZ, Y. and SHELLENBERG, 1971.
- POMERANZ, Y. 1971. Wheat chemistry and Technology. American Association of cereal chemists, St. Paul Minnesota 821 s.
- PONTE, J.G., S.T. TITCOMB and R.H. COTTON. 1962. Flour as a Factor in Bread Firming. *Cereal Chem.* 39: 437 - 444.
- PYLER, E.J. 1973. Baking Science and Technology. Siebel Publishing Company Chicago 111. 1240 S.
- SAYGIN, E. 1972. Buğday Ekmeğinin Bayatlaması Üzerine Araştırmalar. Ege Ün. Ziraat Fak. Yay. No: 175 Ege Ün. Matbaası İZMİR. 183 s.
- SANDSTEDT, R.M. 1961. The Function of Starch in the Baking of Bread The bakers Digest 35: 36 - 44.
- SCHOCH, T.J. and D. FRENCH, 1947. Studies on Bread Staling I. The Role of starch. *Cereal, chem.* 24: 234 - 249.
- SENTI, F.R. and R.J. DIMLER, 1960. Changes in Starch and Gluten During Aging of Bread. *Bakers Digest* 34 (2) 28.
- STELLER, W.R. and C.H. BAILEY. 1938. The Relation of Flour Strength, Soy Flour and Temperature of Storage to the Staling of Bread. *Cereal Chem.* 15: 391 - 401.
- STONE, I. 1952. Retarding the staling of Bakery Products in HERZ, K.O. 1965. Staling of Bread. A. Review. *Food Technology* 90 - 103.
- WALDT, L. 1968. The Problem of staling. Its Possible solution *Bakers Digest*, 42 (5) 64.
- WILLHOFF, E.M.A. 1973. Recent Developments on the Bread Staling Problem. *Bakers Digest* 47 (6) 14.
- ZOBEL, H.F. and F.R. SENTI, 1959. The Bread Staling Problem. X Ray Diffraction Studies on Breads Containing on Crosslinked Starch and Heat - Stable Amylase. *Cereal chem.* 36: 441 - 451.
- ZOBEL, H.F. 1973. A. Review of Bread Staling. *Bakers Digest* 47 (5) 52.