

MODİFİYE NİŞASTA ELDESİ VE FIRIN ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI

M. Murat KARAOĞLU

H. Gürbüz KOTANCILAR

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

İlyas ÇELİK

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli

ÖZET : Modifikasyon, nişastanın özelliklerinin istenilen yönde geliştirilmesi ve değerlendirilmesi işlemidir. Bu işlem ile nişastanın suda çözünürlüğü artırılır, viskozitesi azaltılır ve amilozun retrogradasyon eğilimi (ekmeğin bayatlaması) en aza indirilir. Ayrıca modifiye nişastanın, jelleşme, nem tutma, şeffaflık, stabilizasyon ve kıvam artırıcı özelliklerinden istifade edilmektedir.

THE OBTAIN OF MODIFIED STARCH AND USAGE IN THE BAKING PRODUCTS

SUMMARY : Modification is a process to evaluate and develop the properties of starch in an appropriate way. With this process, solubilisation of starch is increased, viscosity is decreased, retrogradation inclination of amilose (stale of bread) is lessened. In addition, this process enables to benefit from gelatinization, water absorption, transparent ,stabilization and thickening properties of modified starch..

GİRİŞ

Nişasta, tarih boyunca insanoğlu tarafından en çok kullanılan maddelerden biri olmuştur. Ticari bir ürün olarak kullanılması ise 14. yüzyıla dayanmaktadır. Uygarlığın gelişmesiyle birlikte nişasta da endüstride gittikçe aygınlaşan bir kullanım alanı bulmuştur. 19. yüzyıldan itibaren buğday ve arpa nişastasına ilaveten patatesten de nişasta elde edilmeye başlanmıştır. Günümüzde ise mısır en önemli nişasta kaynaklarından biri olmuştur (Uluöz ve ark., 1974).

Nişasta, tahıllarda tanenin yaklaşık olarak; buğdayda % 66, mısırdaki % 71, pirinçte % 60, çavdarda % 59, arpada % 40 ve yulafda % 35 civarındadır. Ve gerek bulunduğu miktar gerekse besinsel ve teknolojik fonksiyonları bakımından nişasta tahıllarda en önemli bileşen olmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1997).

Nişasta, bitkide fotosentez sonucu oluşan D-glikozun polimeridir. Tanenin endosperm hücreleri içinde ve protein matriksi içinde gömülü nişasta tanecikleri şeklinde bulunurlar. Nişasta taneciği, belli veya belirsiz hilum denilen bir çukur, hilumdan dışa doğru uzanan radial amorf ve kristal bölgelerini üzerinde bulundurmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1997).

Nişasta, düz zincir şeklindeki amiloz ve dallı amilopektin olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Amiloz, 500 ile 2000 glikoz ünitesinden oluşmaktadır. Zincir tamamen 1-4, (-D glikozidik bağlarından meydana gelmiştir. Amilopektin ise 1-4,(-D glikozidik bağla bağlanmış 20-30 glikoz üniteli düz zincirlerin 1-6,(-D glikozidik bağla bağlanması ile oluşmuş yüzlerce daldan ibarettir. Genel olarak nişastalar % 20-25 amiloz ve % 75-80 amilopektin ihtiva etmektedirler (Kent, 1970; Elgün ve Ertugay, 1997).

Yıllardır doğal nişasta gıda bileşenlerinde önemli bir unsur olurken, artık son zamanlarda modifiye nişastalar sınırsız bir kullanım alanı bulmuştur. Şimdilerde doğal nişastanın yaklaşık olarak % 42' si gıdalarda kullanılmak üzere modifiye edilmektedir. Genel olarak modifiye nişastalar üç sebep için kullanılmaktadırlar. ilki, gıda uygulamalarında normal nişastanın sağlayamadığı fonksiyonel özellikleri sağlarlar. ikincisi, nişastanın oldukça bol olması ve üçüncüsü ise kullanmak zorunda olduğumuz ve pahalı olan gumların yerine kullanılması ekonomik bir avantaj sağlamaktadır (Rogols, 1986).

Nişasta modifikasyonunun amacı doğal nişastanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmek ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmektir. Modifiye edilmemiş nişasta soğuk suda pelte haline gelemmez, ayrıca amilozu retrogradasyon eğilimindedir ve lapa viskozitesi fazladır. Bundan dolayı endüstriyel nişastanın büyük bir bölümünün suda çözünürlüğünü artırmak, lapa viskozitesini azaltmak ve amilozun retrogradasyon eğilimini en aza indirmek için modifiye edilmektedir. Buna bağlı olarak kullanıldığı gıdalarda modifiye nişastanın; yapışkanlık, bağlama, kaplama, toparlama, emülsiyon stabilizasyonu, jelleşme, şeffaflık, nem tutma, stabilizasyon ve kıvam artırıcılık gibi özelliklerinden istifade edilmektedir (Joseph, 1990).

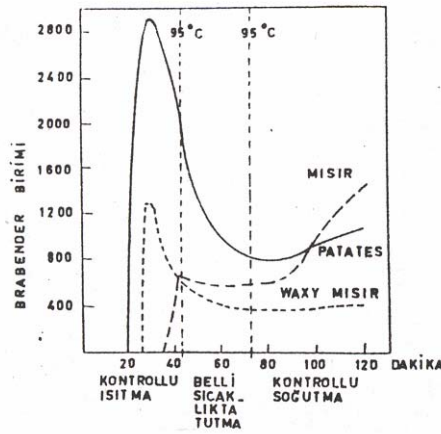
Gıda endüstrisi için hemen her üreticinin sıkça kullandığı nişasta modifikasyonları; hidroliz, oksidasyon, çapraz bağlanma ve yerine geçmedir. Bunlar teker teker veya kombinasyonlar halinde kullanılmaktadırlar. Bunlardan başka genetik modifikasyon, konversiyon modifikasyon, dekstrinizasyon, türevlendirme ve fiziksel vasıtalarla modifikasyon, şuruplara ve şekere modifikasyon, kombinasyonlar ve katyonik nişasta eldesi de endüstride kullanılmaktadır (Luallen, 1985).

ÖNEMLİ MODİFİKASYON TEKNİKLERİ

1 - Nişastanın Genetik Modifikasyonu

Nişastanın genetik modifikasyonu, 1930'dan sonra başlamaktadır. Genetik modifikasyon, nişasta taneciğindeki amiloz ve amilopektin oranının değiştirilmesi esasına dayanmaktadır. Amiloz ve amilopektin oranındaki değişiklikler, nişastanın özelliklerinde de değişiklikler meydana getirmektedir. Bu alanda % 95-100 amilopektin ihtiva eden waksy mısır nişastası geliştirilmiş ve 1940 yıllarında ticari alana girmiştir. (Uluöz, 1974; Wurburg, 1986).

Saf amilopektin ihtiva eden waksy mısır nişastası, çabuk pişerek soğutma veya bekletmeye gösterdiği direnç veya stabilizasyonla karakterize edilebilen sollar meydana getirmektedirler. Oysa % 28 amiloz ihtiva eden mısır nişastası; zayıf stabilizasyona sahip, fakat soğutma ile sert ve mat jeller teşkil eden sollar vermektedir. % 55 veya daha fazla amiloz ihtiva eden nişastalar pişmeye karşı daha fazla dirençlidirler. Yani nişastada amiloz oranının artması pişmeye karşı direnci artırmaktadır (Uluöz, 1974). Yüksek amilozlu nişastalar, film ve jel yapısı bakımından üstün özelliklere sahiptirler. Özellikle yumurtalı gıdalarda yağ toplanmasını azaltmak, şekerlemelerde yapıyı sağlamlaştırmak ve bunun gibi uygulamalarda kullanılmaktadırlar (Uluöz, 1974).



Şekil 1. pH 5'deki Mısır, Waksy Mısır ve Patates Nişastalarının Brabender Viskoziteleri (% 6 kuru madde), (Uluöz, 1974).

Figure 1. Brabender Viskozity of Corn and Potato Starches at pH 5 (6 % dry matter)

2 - Hidroliz

a) Asitle seyreltme

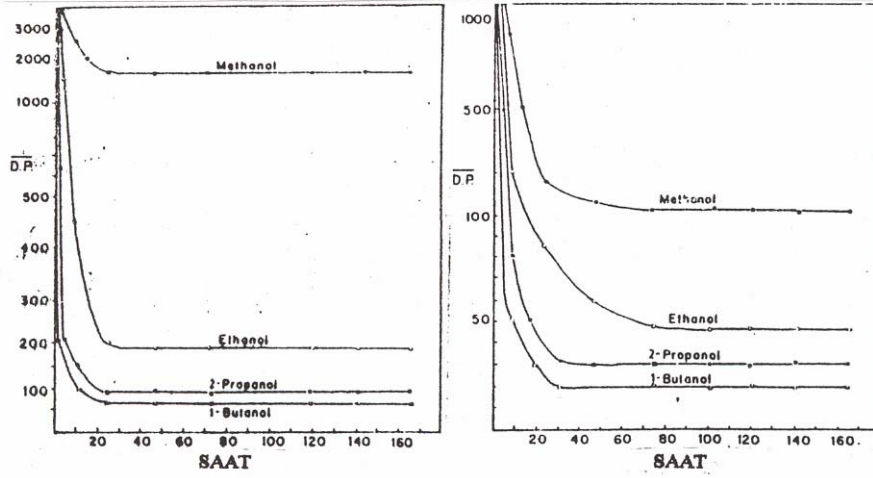
Seyreltik mineral asitlerle nişasta süspansiyonunun muamelesi sonucu elde edilir. Bu durum moleküler zincir boyunca bağlantı noktalarında rasgele kırılmaları ve ayrılmaları meydana getirir. Bu tip modifikasyon ile hazırlanan nişastalar, asit inceltmeli veya zayıf kaynatmalı olarak bilinirler. Normal nişastaya kıyasla; yüksek viskozitede indirgenme, düşük sıcaklıkta hidratasyon, jel yapısını muhafaza etme ve yüksek yapışkanlık gibi özelliklere sahip olduğu görülür (Joseph, 1990; Çağlarımak ve Çakmaklı, 1993).

b) Dekstrinizasyon

HCl veya diğer asitlerin varlığında nişastanın kavrulmasıyla elde edilir. İlk önce nişasta asit ile karıştırılır, daha sonra 50-55 oC'de nem oranı düşürülür. Nem miktarı % 5'e düşene kadar kurutulursa nişasta moleküllerinin kısa dallara hidrolizi ile beyaz dekstrinler oluşur. Nem miktarı % 5'in altına düşüncüye kadar kurutulursa sarı dekstrinler oluşmaktadır (Joseph, 1990; Çağlarımak ve Çakmaklı, 1993).

Dekstrinler, çok düşük viskoziteye ve yüksek çözünürlüğe sahip olup (suda % 100 den fazla çözünme) fırın ürünlerinde, pasta ve tatlılarda renklendirici olarak kullanılmaktadır (Luallen, 1985).

Hidroliz işlemi üzerine, Şekil 2'de görüldüğü gibi asit konsantrasyonu ve kullanılan çözücü etki etmektedir. Asit konsantrasyonu arttıkça DP (polimerizasyon derecesi) azalmakta ve hidroliz derecesi artmaktadır.

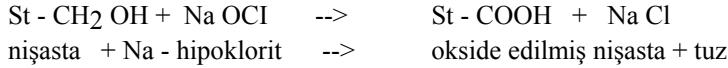


Şekil 2. 25 °C'de Metenol, Etanol, 2-Propanol ve 1-Butanol de (A) % 0.36 ve (B) % 6.0 HCl ile Hidroliz Edilen Patates Nişastasının Zamanla DP (polimerizasyon derecesi) Değerindeki Değişiklik (Foks ve Robty, 1992).

Figure 2. Change of the Average D.P. of Potato Starch as a Function of The Time of Hydrolysis by (A) 0,36 % and (B) 6,0 % HCl at 25o in Methanol, Ethanol, 2-Propanol, and 1-Butanol.

3 - Oksidasyon

Sıcaklık ve pH gibi reaksiyon şartlarına bağlı olarak oksidasyon, kullanılan bir oksidant madde vasıtasıyla nişastanın lineer veya dallı bölümündeki karboksil veya karbonil gruplarında meydana gelmektedir. Ticari açıdan en çok kullanılan oksidant madde sodyum hipoklorit (çamaşır suyu)'dir.



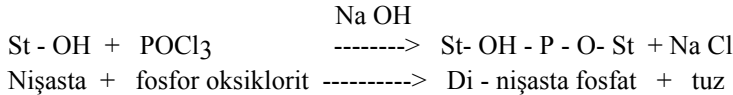
Bu reaksiyonla glikozun halka yapısı açılır ve yer yer bükülmeler meydana gelir. Retrogradasyon en düşük seviyededir. Viskozite düşüktür. Kullanılması sınırlı olmasına rağmen, bu nişastanın jelinin berraklığı oldukça kullanışlıdır. Kuru ürünlere yüksek derecede bir berraklık vermektedir (Rogols, 1986).

4 - Çapraz Bağlanma

En önemli nişasta modifikasyonudur. İki veya daha fazla reaktif grup içeren ajanlar kullanılarak, iki moleküler nişasta zinciri arasında çapraz bağ kurulur. Bu çapraz bağ, kullanılan kimyasal madde ile nişasta moleküllerindeki -OH grupları arasında meydana gelmektedir (Luallen, 1985).

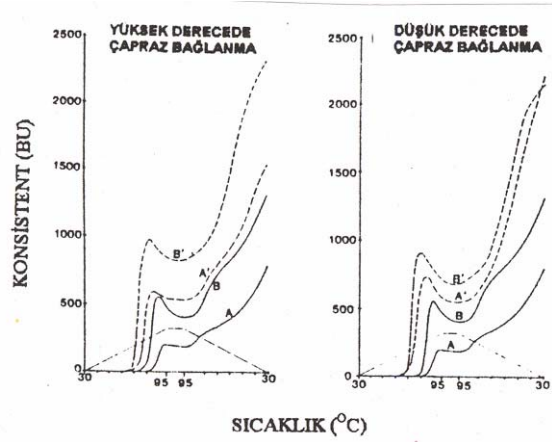
Çapraz bağlanmada kullanılan en önemli kimyasal reaktif fosfor oksikloritdir. Bununla birlikte trimeta fosfat ve epikloridin ile de çapraz bağlanma sağlanmaktadır (Pomeranz, 1971).

Fosfor oksiklorit ile nişastanın çapraz bağlanması:



Belirli oranlarda fosfor oksiklorit (nişasta bazında ; % 0,15 ile % 0,25) pH=10 da (NaOH kullanılarak pH 10' a getirilir) % 40'lık nişasta lapasına 5 oC'de ilave edilir. Reaksiyon tamamlandıktan sonra nötral pH'ya ayarlanır. Granüler nişasta filtre edilir, yıkanır ve kurutulur (Çağlarımak ve Çakmaklı, 1993).

Çapraz bağlanma ile aşırı pişirmeye ve değişen işlem şartlarına karşı direnci artan nişasta granülleri meydana gelmektedir. Bu nişastalar, viskozite kırılmasının bir sorun olduğu durumlarda ve konserve ürünlerinde stabilizatör ve kalınlaştırıcı olarak, yüksek ısı ve basınç kullanılan proseslerde kullanılmaktadır (Rogols, 1986). Şekil 3'de de görüldüğü gibi çapraz bağlanma nişastanın viskozitesini artırmaktadır.



Şekil 3. pH 6.5'de % 7.5 Nişasta Solusyonunda Doğal ve Modifiye Edilmiş Buğday ve Mısır Nişastalarının Amilogram Değerleri (nişastalar, % 0.01 ile düşük ve 0.02 fosfor oksiklorid ile yüksek seviyede çapraz bağlanmıştır). (A): Doğal Buğday Nişastası, (A'): Modifiye Edilmiş Buğday Nişastası, (B): Doğal Mısır Nişastası, (B'): Modifiye Edilmiş Mısır Nişastası (Takahashi ve ark., 1989).

Figure 3. Amylograms of Native and Modified Starch of Wheat and Corn at pH 6.5 and 7.5 Starch Solids. (Starches with high and low levels of cross-linking were reacted with 0.01 and 0.02 % phosphorous oxychloride) Native Wheat (A), Modified Wheat (A'), Native Corn (B), and Modified Corn (B').

5 - Stabilize Edilmiş Nişastalar

Eterleşme ve esterleşme ajanları kullanılarak elde edilir.

a) Eterifikasyon

En çok bilinen nişasta eteri, hidroksi etil nişastadır. Etilen oksit ile nişastanın reaksiyonu sonucu elde edilir. Nişasta molekülündeki hidroksil gruplarıyla, hidroksi etil veya hidroksipropil gruplarının birleşmesi (reaksiyonu) nişastanın retrogradasyon eğilimini azaltır ve daha bağlı, daha yapışkan nişasta lapası meydana getirir. Bu nedenle gıdalarda kullanıma uygundur (Pomeranz, 1971; Çağlarımak ve Çakmaklı, 1993).

b) Esterifikasyon

Nişastanın esterifikasyon reaksiyonları iki gruba ayrılmaktadır. Direkt asitler ile esterifikasyon; ikincisi ise asit anhidritler ile veya kloritler ile esterifikasyondur.

En sıklıkla yapılan esterifikasyon, asetik anhidrit ile yapılan esterifikasyondur. Nişasta süspansiyonuna pH= 7,5 - 9'da oda sıcaklığında asetik anhidritin yavaşça ilavesi ile gerçekleştirilir. Sonra nötralizasyon, filtrasyon, yıkama ve kurutma ile işlem son bulur.

Nişastanın, bazı hidroksil gruplarının esterifikasyonu, retrogradasyon ve jel formasyonunu azaltır. Bu retrogradasyon azalması, tekstürü ve donma - çözünme olayını etkilediğinden, gıdaların raf ömrünü uzatmaktadır. Nişastanın retrogradasyonu soğuk şartlarda hızlandığı için donmuş gıdalarda nişastanın stabilizasyonu oldukça önemlidir (Pomeranz, 1971; Çağlarımak ve Çakmaklı, 1993).

6 - Şuruplara ve Şekere Modifikasyon

Daha çok mısır nişastası bu amaçla kullanılmaktadır. Nişastanın şuruplara ve şekere modifikasyonunda iki tip reaksiyon kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, asit ile hidrolitik reaksiyon; ikincisi ise amilolitik enzim ile veya glikoz yapımında olduğu gibi glikozidik enzimler ile gerçekleştirilmektedir.

Asit konversiyonunda HCl kullanılmaktadır. İstenilen konversiyon derecesinden sonra asit nötralize edilmektedir. Daha sonra şurup, istenilen konsantrasyona kadar vakum altında buharlaştırılmaktadır. Asit konversiyon ile nişasta, dekstrozdaki oligo sakkaroz ve dekstrinlere kadar tesadüfi bir metotla işlenir.

Asit ile konversiyonda bazı istenmeyen yan reaksiyonlar meydana gelebilir. Ancak şuruba acı bir tat vermeye başladıkları nokta olan 46 DE'yi aşmadıkça önemli bir etkileri olmamaktadır. (DE; dekstroz eşdeğer sayısı; toplam kuru maddeye göre anhidro dekstroz olarak hesaplanan indirgen şeker muhtevasının bir ifadesidir. Saf dekstroz 100 DE değerine sahiptir).

Amilolitik enzimler ile yapılan modifikasyon, asitle yapılan modifikasyondan daha masraflı olması sebebiyle başlangıç asit hidrolizi ile tamamlayıcı konversiyon ise enzimatik yolla yapılmaktadır. Enzimatik modifikasyonda, asit ile yapılanına kıyasla hidrolitik ürünlerinde maltoz fraksiyonu daha fazla olmaktadır.

Enzimatik modifikasyonda kullanılan bir diğer enzim ise glikozidazlardır. Asit veya amilolitik enzim konversiyonundan sonra genelde kullanılır. Bu enzim ile nişastadan glikoz elde edilmektedir (Uluöz, 1974).

7 - Önceden Çişilendirilmiş Nişastalar

Fiziksel bir yöntem olan önceden çişilendirilmiş modifikasyonda herhangi bir kimyasal ajan kullanılmamaktadır. Nişasta sulu süspansiyonu çişillenme sıcaklığının biraz üzerine kadar ısıtılmakta daha sonra bu çişilnenmiş nişasta silindir kurutucularda kurutulup öğütülerek elde edilmektedir. Prejelatinize nişasta olarak da adlandırılan bu nişastaların en önemli özellikleri soğuk suda şişebilmeleridir (Çağlarımak ve Çakmaklı, 1993).

Prejelatinize nişastalar pek çok gıda uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Soğuk suda çözündüklerinden dolayı özellikle instant (yani kuru hazırlanan) gıdalarda, kek karışımlarında, muhafaza edilmiş bir tekstür gerektiren donmuş gıdalarda ve tatlılar için hazırlanan jelatin formülasyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Rogols, 1986).

MODİFİYE NİŞASTALARIN FIRIN ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI

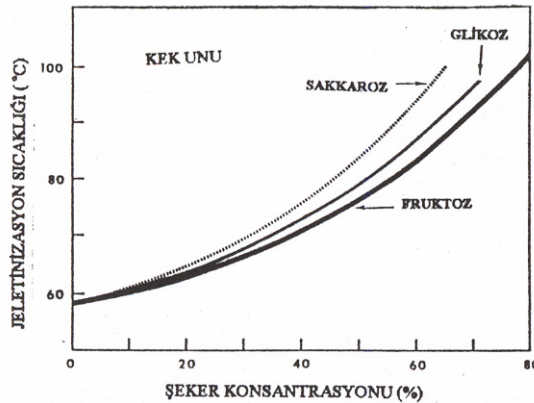
Bir gıda sistemi için nişasta seçiminde bazı hususların dikkate alınması en uygun nişasta seçimi açısından oldukça önemlidir. Bunlar; üretilen gıda sisteminin özellikleri, işleme şekli, istenen raf ömrü, sistemde kullanılan ingredientler, nişastanın etkisi, zaman, sıcaklık gibi işlem şartları ve bu şartlara uyum sağlayacak nişastadır.

Ekmekçilikte nişasta, buğday ununun dokusal özelliklerini modifiye etmesi için, bir katkı maddesi olarak kullanılır. Özellikle bisküvi, kraker ve tart (turta) mamullerinde gevrekliği ve dağılmayı artırmak için un ağırlığına göre % 5 ile 15 oranında nişasta kullanılmaktadır. Fırın ürünlerinde genel olarak buğday ve mısır nişastası kullanılmaktadır.

Nişasta modifikasyonu ile elde edilen dekstroz, derhal fermentasyon ve esmerleşme faaliyeti gösterdiğinden ekmekçilikte özel bir avantaja sahiptir. Sıcaklıkla protein gibi azotlu bileşiklerle reaksiyona girerek esmer renge sahip bileşiklerin meydana gelmesini sağlarlar (maillard reaksiyonu). Bu ekmekçilik ürünlerinde cazip kabuk rengi ve istenilen lezzetin meydana gelmesinde önemli rol oynamaktadır (Uluöz, 1974).

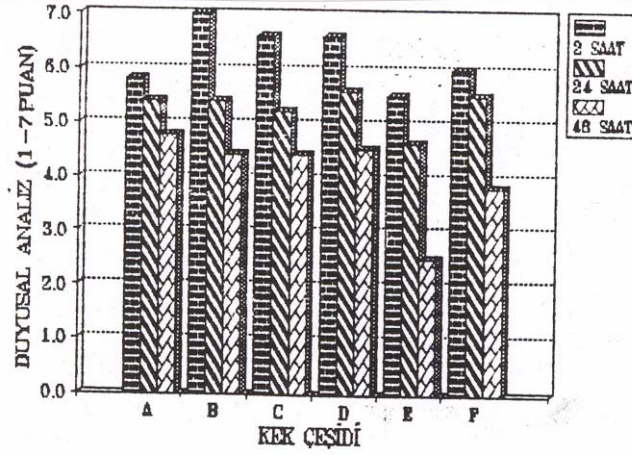
Yapılan araştırmalarda düşük glutenli undan yapılan hamura, % 0,5 ile 1,5 modifiye nişasta ilavesinin; hamurun visko-elastik özelliklerini geliştirdiği, viskozitesini ve ekmeğin hacmini artırdığı tespit edilmiştir (Arseneva ve ark., 1987).

Keklerde de, kek türüne bağlı olarak farklı nişastalar keklerde çeşitli fonksiyonları yerine getirmektedirler. Kompleks kek karışımları, diğer komponentler ile interaksiyona girebilen sistemleri yüksek düzeyde içermektedirler. Kek pişirme işleminde, fırında kek pişmeden önce yani kek miksi katılmağından önce; hava, CO₂ ve su buharının sıcaklıkla yeterince genleşip uygun büyüklükte hava kabarcığı oluşturabilmesi için (kekin yeterli hacime ulaşabilmesi için), şekerli miksde nişasta jelatinizasyonu geciktirilmelidir. Bu açıdan bakıldığında, jelatinizasyon sıcaklıkları normal nişastaya göre yüksek olan modifiye nişastaların keklerde kullanılabilmeği söylenebilir. Burada ortamdaki şekerlerin de nişasta jelatinizasyon sıcaklığını önemli düzeyde etkilediği unutulmamalıdır (Kim ve Walker, 1992). Şeker konsantrasyonu arttıka (Şekil 4), nişasta jelatinizasyon sıcaklığı da artmaktadır.



Şekil 4. Farklı Şeker Solusyonlarında Kek Ununda Buğday Nişastasının Jelatinizasyon Sıcaklığı (Bean ve ark., 1978).

Figure 4. Geletinization Temperature of Wheat Starch in Cake Flour in Several Sugar Solutions.



Şekil 5. Kek Duyusal Analiz Sonuçları. A: Waksy Mısır, Düşük Derecede Çapraz Bağlanma ve Asetilatlı Nişastalı Kek; B: Waksy Mısır, Çapraz Bağlanma ve Asetilatlı Kek; C: Waksy Mısır, Düşük Derecede Çapraz Bağlanma ve Propoksilatlı Nişastalı Kek; D: Waksy Mısır, Çaraz Bağlanma ve Propoksilatlı Nişastalı Kek; E: Nişastasız Kek; F: Ticari Bir Kek (ilk kolon 2 saat, ikinci kolon 24 saat, üçüncü kolon 48 saat sonra) (Belshaw, 1980).

Figure 5. Cake Sensory Evaluation Results. A: Cake from Waxy Corn, Lightly Cross-Linked and Acetylated Starches; B: Cake from Waxy Corn, Cross-Linked and Acetylated Starches; C: Cake from Waxy Corn, Lightly Cross-Linked and Propoxylated Starches; D: Cake from Waxy Corn, Cross-Linked and Propoxylated Starches; E: Cake with no Starch.; F: a Commercial Cake.(First column: after 2 hr; second column: after 24 hr; third column: after 48 hr.)

Yapılan araştırmalarda, sorgum nişastası yerine buğday nişastası ve şekerlerden de sakkarozun yerine dekstrozun kullanıldığı keklerde hacim artışının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yine 87,5-92 °C arasında jeletinize olan nişasta kullanıldığı zaman başarılı kekler üretilebilmektedir.

Ekmeğin bayatlamasında, ekmeğin sertliğinden sorumlu olan başlıca olay nişastanın retrogradasyonudur. Normal nişastanın şartlar uygun olduğu müddetçe retrogradasyon eğilimi oldukça yüksektir. Retrogradasyon eğilimi en aza indirilmiş modifiye nişasta elde edilip ekmeğin yapımında kullanılarak ekmeğin bayatlamasına etkisi, araştırılması gereken bir konudur. Ekmeğin bayatlamasının teknolojik ve maddi açıdan önemi göz önünde tutulursa bu konunun önemi daha da iyi anlaşılacaktır.

KAYNAKLAR

- Arseneva, L. Y., V. Drobot, A. Zhuman, E.K. Koptelova, 1987. Use of Modified Starches in Breadmaking. Khlebopokernaya-i-Konditerskaya Promyshlennost, (FSTA), 8, 20-22.
- Bean, M. M., W.T. Yamazaki, D. H. Donelson, 1978. Wheat Starch Geletinization in Sugar Solutions. II. Fructose, Glucose, and Sucrose : Cake Performance. Cereal Chemistry, 55 (6) 945-952.
- Belshaw, F. R., 1980. Effect of Modified Starch in Modern Cake Formulas. Cereal Foods World, 25 (10) 648-649.
- Çağlarırnak, N., İ. Çakmaklı, 1993. Değişik Modifiye Nişastaların Üretiminde Kimyasal Prensipler. Gıda, 18 (2) 131-137.
- Elgün, A., Z. Ertugay, 1997. Tahıl İşleme Teknolojisi (3. baskı). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayın No. 297, s 376.
- Foks, J. D., J.F. Robty, 1992. Modification of Starch Granules by Hydrolysis with Hydrochloric Acid in Various Alcohols, and The Formation of New Kinds of Limit Dextrin. Carbohydrate Research, 227, 163-170.
- Joseph, M. L., 1990. Modified Food Starches: Why, What, Where, and How. Cereal Foods World, 35 (11) 1081-1092.
- Kent, N. L., 1970. Technology of Cereals. Pergamon Press Ltd., Oxford, p 262.
- Keskin, H., 1987. Besin Kimyası. İstanbul Üniv. Müh. Fak., Yayın No: 72, İstanbul, s 652.
- Kim, C. S., C.E. Walker, 1992. Interaction Between Starches, Sugars, and Emulsifiers in High Ratio Cake Model Systems. Cereal Chemistry, 69 (2) 206-212.
- Lallen, T. E., 1985. Starch as a Functional Ingredient. Food Technology, 59-63.
- Pomeranz, Y., 1971. Wheat Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemist, Inc. St. Paul, Minnesota, p 821.
- Rogols, S., 1986. Starch Modifications: A View into The Future. Cereal Foods World, 31 (12) 897-903.
- Takahashi, S., C.C. Moningat, P.A. Seib, 1989. Acetylated and Hydroksypropylated Wheat Starch : Pasta and Gel Properties Compared with Modified Maize and Tapioca Starches. Cereal Chemistry, 66 (6) 499-506.
- Uluöz, M., M. Gönül, S. Gözülü, 1974. Nişasta; Özellikleri, Jeletinizasyonu, Modifikasyonu ve Gıda Endüstrisinde Kullanılması. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 245, Bornova, s.40.
- Wurzburg, O. B., 1986. Forty Years of Industrial Starch Research. Cereal Foods World, 31 (12) 897-903.

