


Başlıca Mısır Bileşenleri Üzerine Alkali Pişirmenin (Nikstamalizasyon) Etkileri

Mustafa Şamil Argun 

Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bitlis

Geliş Tarihi (Received): 31.07.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 13.02.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): samilargun@gmail.com (M.Ş. Argun)

☎ 0 434 222 04 83 📠 0 434 222 91 47

ÖZ

Alkali pişirme, mısır danelerinin kalsiyum hidroksit ilavesiyle pişirilmesi, pişirme suyu (nejayote) içinde bir müddet dinlendirilmesi ve daha sonra da yıkanmasını içeren bir işlemdir. Çok eski bir proses olan bu işlem ilk defa mısırın anavatanı olan Orta Amerika'da geliştirilmiş ve "Nikstamalizasyon" olarak bilinmektedir. Alkali pişirmeye tabi tutulmuş mısırlarda kabuk soyulması kolaylaşır, protein ve nişasta modifiye olur, reolojik ve termal özellikler değişir. Mısır, çölyak (gluten enteropatisi) hastaları tarafından da tüketilebildiği için bu uygulama mısırın kabuğunun soyulmasında sağladığı kolaylık ve bileşenleri üzerine söz konusu etkilerinden dolayı mısırdan üretilen gıdaların hazırlanmasında önemli bir aşamadır. Bu çalışmada alkali pişirmenin mısırın başlıca kısımları olan perikarp, nişasta, protein ve yağların üzerine etkileri derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, Alkali pişirme, Nikstamalizasyon, Majör bileşenler

Effect of Alkaline Cooking (Nixtamalization) on Main Corn Components

ABSTRACT

Alkaline cooking is a process including cooking of corn grains with the addition of calcium hydroxide, a period of steeping in cooking water (nejayote), and then washing. This process, which is a very old process, was first developed in Mesoamerica, the homeland of corn, and is known as "Nixtamalization". In alkaline cooked corn, peeling of skin is easier, protein and starch are modified, rheological and thermal properties change. Since corn can be consumed by celiac (gluten enteropathy) patients, this practice is an important step in the preparation of corn-based foods because it provides the convenience of corn skin peeling and effects corn components. In this study, the effect of alkaline cooking on major parts of corn such as pericarp, starch, protein and fat is reviewed.

Keywords: Corn, Alkaline cooking, Nixtamalization, Major components

MISIR ÜRETİMİ

Uluslararası Hububat Konseyi'nin (International Grains Council-IGC) raporuna göre 2015-2016 yılı dünya mısır üretimi 1.18 milyar ton civarında gerçekleşmiştir. Bunun 110 milyon tonunun gıda, 267.4 milyon tonunun endüstriyel, 566.4 milyon tonunun da yem olarak kullanıldığı ifade edilmektedir [1]. Türkiye'de mısır üretimi 2016 yılı itibarıyla yaklaşık 6.4 milyon tona

ulaşmıştır. Dünya genelinde üretim miktarı açısından mısır, tahıllar arasında ilk sırada yer alırken; Türkiye'de buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer almaktadır [2]. Ülkemizde üretilen mısırın %76'sı hayvan beslenmesinde yem maddesi olarak, %14'ü nişasta sanayinde, %3'ü mahalli tüketimde, %3'ü endüstriyel alanda kullanılmakta ve %3'ünde de kayıplar ve tohumluk oluşturmaktadır [3]. Ülkemizde en çok yetiştirilen mısır çeşidinin atdışi ve sert mısır olduğu, cin mısır ile şeker

mısır çeşitlerinin genellikle çerezlik olarak değerlendirildiği belirtilmektedir [4]. Genel olarak mısır tanesi ana kısımlarının tanede dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. Mısır endospermının büyük çoğunluğunu nişasta, embriyo kısmının büyük çoğunluğunu ise yağ

oluşturmaktadır. Endosperm camsı ve unsu endosperm olmak üzere başlıca iki kısımdan oluşmaktadır [5; 6]. Camsı endosperm daha yüksek oranda protein içermektedir [7].

Tablo 1. Mısır tanesinin ana morfolojik tabakalarının ve başlıca bileşenlerinin tanede dağılımı [8-10]*

Mısır Çeşidi	Perikarp (%)	Endosperm (%)	Ruşeym (%)	Tip kap (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Ham lif (%)
Sert Mısır	7	82	10	0.8	8.6	3.1	1.0	2.8
Atdışi Mısır	9	78	12	0.8	8.3	3.2	1.2	2.6

*Kurumadde üzerinden

ALKALİ PİŞİRME

Çok eski bir mısır işleme yöntemi olan alkali pişirme mısırın anavatanı olan Mesoamerika’da antik Maya ve Aztek uygarlıkları tarafından geliştirilmiştir ve geleneksel ismi “Nikstamalization” olarak bilinmektedir [11]. Alkali pişirme, mısır danelerinin belli bir yoğunluktaki kalsiyum hidroksit çözeltisi içerisinde kaynama sıcaklığında bir süre pişirilir ve bunu takiben aynı kireç çözeltisinde taneler bir müddet dinlendirilir. Pişirme sırasındaki nispeten yüksek sıcaklık (kaynama noktasına yakın) ve pH (yaklaşık 12), protein, lipitler ve nişasta gibi tahıl bileşenlerinin çeşitli fiziksel ve kimyasal dönüşümlerini kolaylaştırır [12, 13]. Geleneksel yöntemle yapılan pişirme işlemi için mısır ağırlığının 2 (w/v) [14, 15] veya 3 (w/v) [16, 17] katı kadar su kullanılmaktadır. Başlangıçta, bu işlem için volkanik küller kullanılmış ve daha sonra ticari üretimde kalsiyum hidroksit kullanılmaya başlanmış ve son zamanlarda da kalsiyum tuzlarıyla (örn. kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat, kalsiyum klorit, kalsiyum laktat) alkali pişirme işlemi geliştirilmeye çalışılmıştır [18-20]. Kalsiyum tuzları ile alkali pişirmenin çevreyi en az düzeyde kirletici kalıntı oluşturduğu belirtilmektedir [21]. Alkali pişirmede kullanılan kimyasal maddeye göre şöyle bir sınıflandırma yapılabilir: geleneksel (kireç kullanılarak), klasik (kül kullanılarak) ve ekolojik (kalsiyum tuzları ile) pişirme yöntemi [22]. Alkali pişirmede kaynama ve dinlendirme süresi ile kullanılacak kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) miktarı bölgesel geleneklere ve hazırlanacak gıda türüne göre değişir. Kullanılan Ca(OH)_2 konsantrasyonu %0.3 – 2.0 (0.3–2.0 g/100 g) arasında [23], pişirme süresi birkaç dakika ile 1 saat, dinlendirme süresi ise birkaç saat ile bir gün arasında değişmektedir [24, 25]. Alkali pişirme işlem basamakları ve elde edilen bazı ürünler Şekil 1’de özetlenmiştir.

Pişirmenin ardından perikarp, nişasta ve diğer mısır parçalarını içeren pişirme suyu (nejayote) süzülür ve atılır. Nejayotenin hoş olmayan tadından dolayı taneler hiç nejayote kalmayınca kadar veya yıkama suyu pH’sı 7 oluncaya kadar yıkanır. Yıkamadan sonra gerekirse perikarp uzaklaştırılır. Bu işlem geleneksel olarak ve küçük ölçekli üretimde elle, endüstriyel üretimde ise mekaniksel olarak yapılır. Hazırlanan dane “nikstamal” olarak adlandırılır [12, 26].

Nikstamal, özellikle Latin Amerika ülkelerinde tüketilen çeşitli ürünlerin (hominy, tortilla, mısır cipsi, tamales,

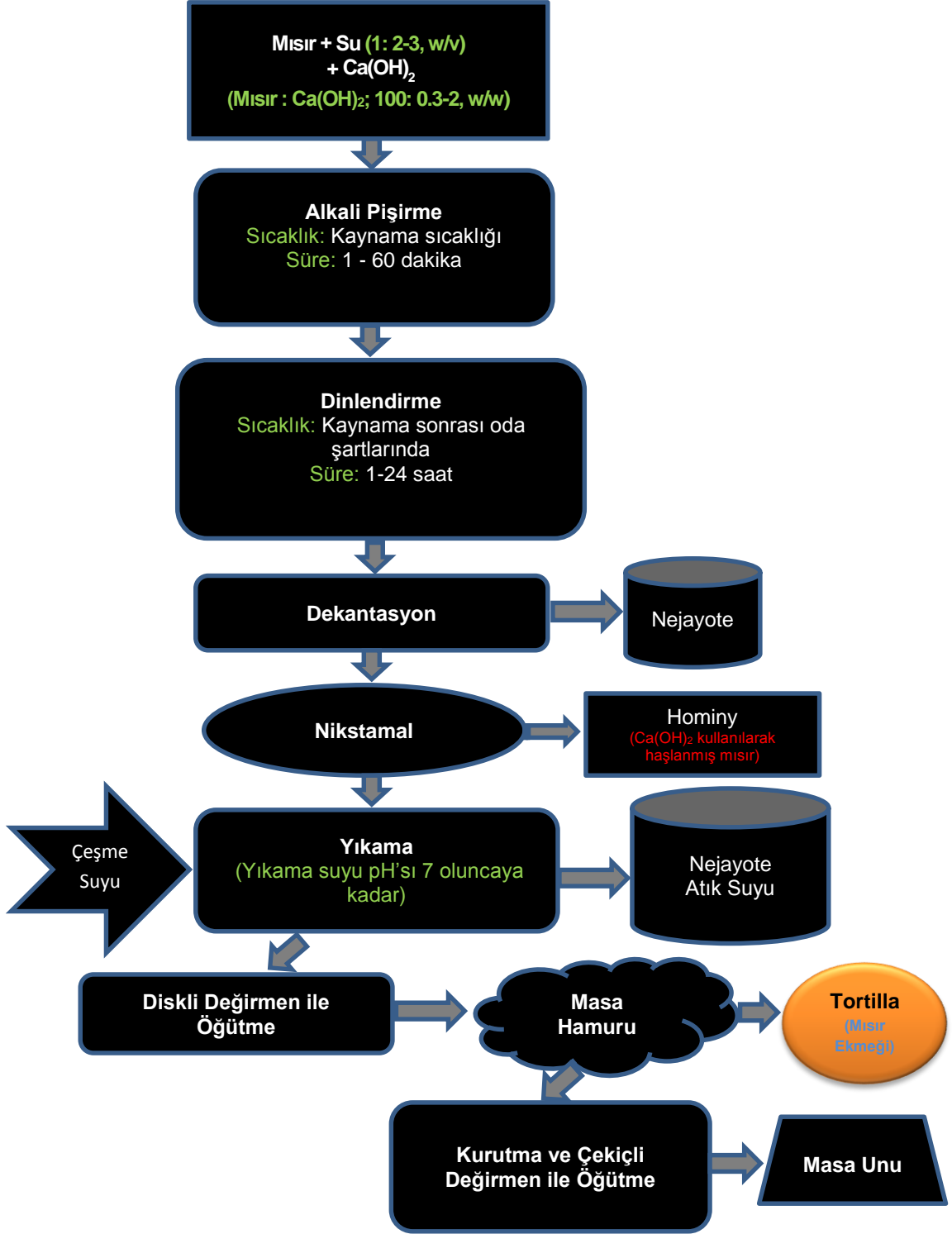
tostadas, tacos, enchiladas, atoles vb.) veya kurutulup öğütülerek nixtamal unu üretiminde kullanılır. Nikstamal kurutulmadan taze iken diskli değirmende öğütülerek “masa” olarak isimlendirilen nikstamal hamuru elde edilebilir, bu hamur tortilla üretiminde kullanılır. Alkali pişirme işlemi tamamlanmış mısırlardan elde edilen “masa” kurutulup öğütülerek instant masa unu elde edilmesinde de kullanılabilir [27, 28].

ALKALİ PİŞİRMENİN TEMEL MISIR BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

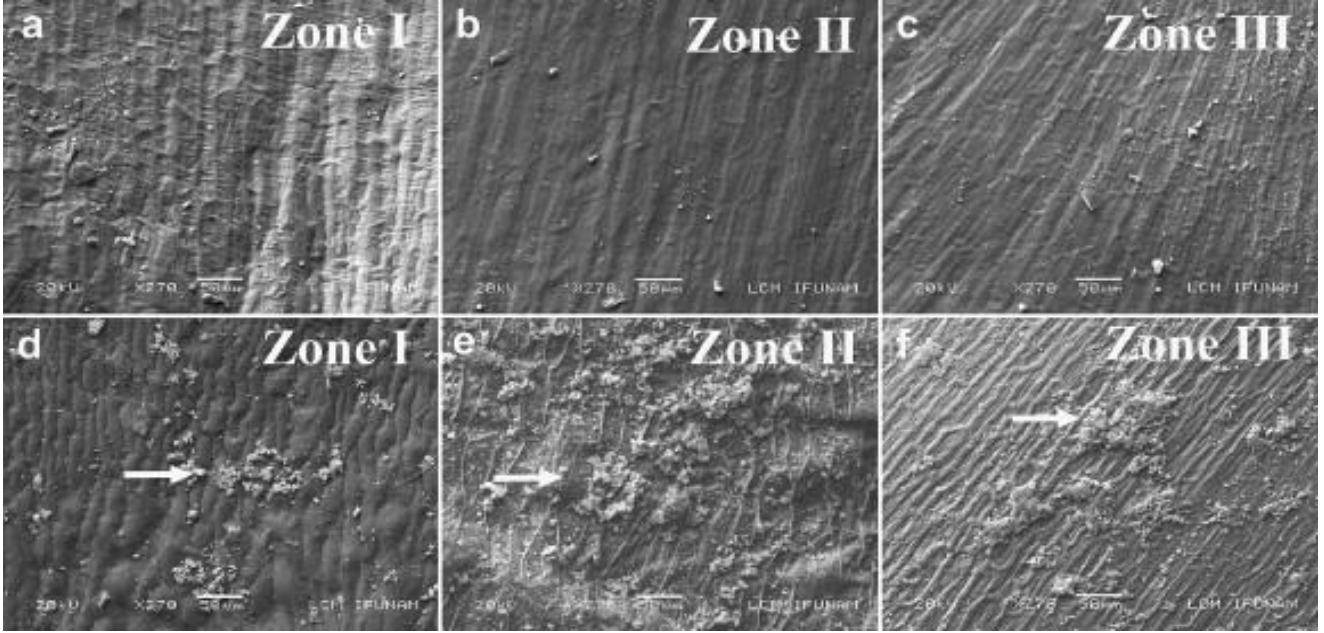
Perikarp Üzerine Etkiler

Pişirme esnasında mısır perikarpının dış katmanlarının mikro yapısı değişir, kalsiyum ile perikarp bileşenleri arasında meydana gelen reaksiyonlar bu tabakanın bozulmasına ve yırtılmasına neden olur. Böylelikle pişirme suyundan taneye kalsiyum geçişi ve yıkama esnasında perikarp tabakasının uzaklaşması kolaylaşır [32]. Alkali pişirmenin perikarp üzerine etkilerine ait görüntüler Şekil 2’de verilmiştir. Şekilde perikarp tabakası üzerinde kümelenmiş kalsiyum bileşikler görülmektedir. Alkali pişirme ile perikarp tabakası üzerindeki ince mumlu tabaka uzaklaşmakla beraber selüloz ve hemiselülozlar bütünlüğünü kaybetmemektedir. Mumlu tabakanın yırtılıp ayrılması tane içine su geçişini kolaylaştırmaktadır [32].

Pişirmeden sonra perikarp tabakasının uzaklaştırılması tanenin toplam antosiyenin ve fenolik madde içeriğinde azalmalara neden olmaktadır [33]. İşlem sonunda aleron tabakası endosperme bağlı olarak kalır ve bu tabaka protein kayıplarını azaltmaya yardımcı olan yarı geçirgen bir zar gibi davranır [12, 27]. Moreno ve ark. [22] yaptıkları bir çalışmada kalsiyum tuzları ile yapılan ekolojik alkali pişirme sonunda mısırdaki geleneksel yöntemle göre daha fazla perikarp kaldığını ve son ürünün besinsel lif içeriğinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Pérez-Carrillo ve ark. [34] alkali pişirmeye tabi tutulmuş mısır unlarından yapılan ekmeklerin rafine buğday unlarından yapılan ekmeklere göre %65 daha fazla besinsel lif içerdiğini belirtmişlerdir. Alkali pişirilmiş mısır perikarpı, xylan içeren endüstriyel bir materyaldir ve bundan sulu ekstraksiyon ve otohizolizi de içeren bir dizi işlem basamağı ile prebiyotik özelliğe sahip nutrasötik ürünler elde edilebilmektedir [35].



Şekil 1. Alkali pişirme işlem basamakları [29-31]



Şekil 2. (a), (b) ve (c) pişirmenin ilk aşamalarında 92°C'ye ulaşınca kadar ki süreçte alkali pişirmeye tabi tutulmuş perikarpın I, II ve III. bölgelerinin dış yüzey görünümünün sem mikrografları; (d), (e), (f) Pişirme basamağının sonundaki perikarpın I, II, III. bölgelerinin dış yüzey görünümünün sem mikrografları; okla gösterilen beyazlıklar kümelenmiş kalsiyum bileşikleridir [32].

Nişasta Üzerine Etkiler

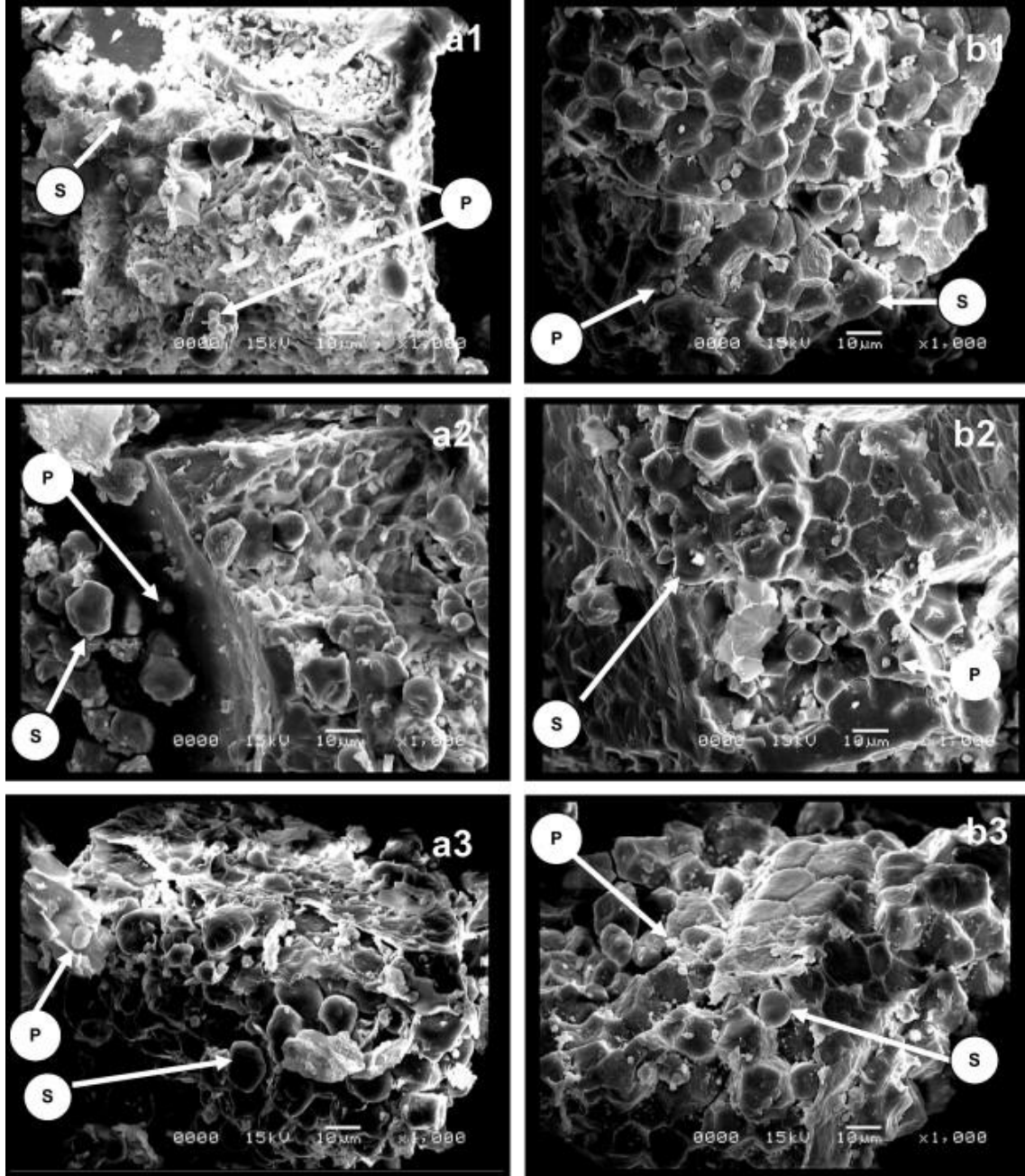
Pişirme çözeltisinde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in çözülmesiyle monovalent ($\text{Ca}(\text{OH})^+$) veya divalent (Ca^{++}) katyonlar oluşabilmektedir. Alkali şartlarda kalsiyum katyonlarıyla nişasta-hidroksil bölgeleri arasında bağlar meydana gelmektedir [36]. Oluşan bu bağlar nişastanın morfolojik ve reolojik özellikleri üzerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır.

Alkali pişirme ile nişasta kısmen jelatinize olmaktadır [37]. Alkali pişirme süresince tam jelatinizasyon çoğunlukla mısır danesinin dış endospermde ve kısmi jelatinizasyon ise daha çok iç endospermde meydana gelmektedir [38]. Alkali pişirmenin mısır ununun yapısı üzerine etkileri Guzmán ve ark. [39] tarafından yapılan bir çalışmaya göre Şekil 3'te sunulmuştur. Kontrol numunelerinden 10 dakika pişmiş nişasta granülleri (Şekil 3b1), çokgen şekilli ve çoğu hücre içinde bozulmamış halde iken alkali pişirilmiş mısır örneklerinde (Şekil 3a1) nişasta granülleri yuvarlak şekilli ve bazısı hücrelerin dışına çıkmıştır, granüllere yapışmış düzensiz şekilli protein gövdeleri de ayırt edilebilmektedir. Nişasta su alıp şiştikçe çokgen şekilden yuvarlak şekle dönüşmektedir. Pişirme süresinin artmasıyla nişasta tanelerinin su alıp şişmesi ve hücrelerden ayrılması artarak beraber bu artış alkali pişirilmiş örneklerde kontrol örneklerine göre daha fazla olmaktadır (Şekil 3).

Pişirme boyunca meydana gelen Ca-nişasta interaksiyonları ile nişastanın çapraz bağ oluşturması nişastanın şişme ve çözünme davranışlarını etkilemekte ve amilozun nişasta granülünden ayrılmasını

engellemektedir. Bununla beraber pişirme süresinin artmasıyla danede daha fazla nişasta jelatinize olmakta, bu nedenle serbest kalıp uzaklaşan amiloz miktarı artmakta ve sonuçta "masa" hamuru daha yapışkan bir tekstür kazanmaktadır [40]. Pişirme sonunda jelatinize olmuş dispersiyonun sürekli fazında amilopektince zengin nişasta kalıntıları ve serbest amilozlar bulunmaktadır [41].

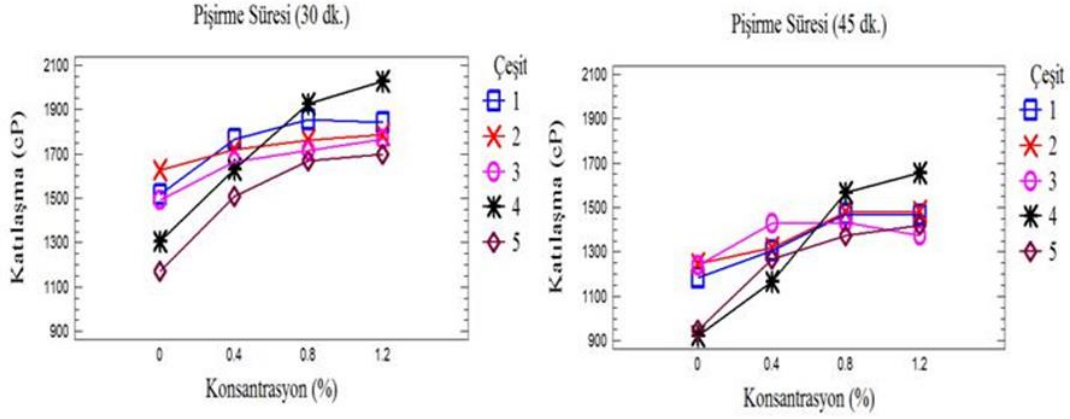
Santiago-Ramos ve ark. [42] orta sertlikte ve yumuşak mısır taneleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, alkali pişirme ve dinlendirmeden sonra tanelerin su absorbe ettiklerini ve kısmi jelatinizasyona uğradıklarını, pişirme işleminin nişasta özelliklerini etkilediğini ve amiloz-lipid komplekslerinin oluşumunu teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Tortilla üretiminde amiloz-lipid komplekslerinin oluşumunun, nişasta retrogradasyonunun azaltılması üzerinde kısmi bir etkiye ($r=-0.47$, $P<0.05$) sahip olduğunu belirtmişlerdir. Nişasta retrogradasyonunu azaltan bu etkinin sert mısırlarda meydana gelmediğini ve sert mısırların daha fazla retrogradasyona uğradıklarını ifade etmişlerdir. Bu görüşü destekler nitelikte Argun [25] atdığı ve sert mısırlar üzerine yaptığı bir çalışmada mısırların pişirme sonrası retrogradasyon değerini gösteren katılma (setback) viskozitesi değerlerinin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsantrasyonu arttıkça arttığını fakat bu artışın (% 0 ile % 1.2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsantrasyonu arasındaki viskozite artış farkı) sert mısırlarda daha fazla olduğunu bu nedenle $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsantrasyonunun artmasının sert mısırlarda daha fazla retrogradasyona neden olduğunu tespit etmişlerdir (Şekil 4).



Şekil 3. 90°C'de uygulanan alkali pişirme işleminin ve pişirme süresinin mısır yapısına etkisi. (a) alkali pişirilmiş örnekler, (b) saf suda pişirilmiş örnekler, 1 = 10 dakika pişmiş, 2 = 30 dakika, 3 = 50 dakika. S = nişasta granülleri, P = protein [39].

Alkali pişirme üzerine yapılan bir çalışmada, pişirme sürecinde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in çözülmesiyle oluşan $\text{Ca}(\text{OH})^+$ veya Ca^{++} kationlarının nişasta ile çapraz bağ oluşturmasının, zein polimerlerinin oluşumunun ve kalsiyum-zein interaksiyonlarının kombine etkisinin daha güçlü ve elastik bir jel yapısını oluşturduğu ifade edilmiştir [42]. Böylelikle nişasta tortilla üretimi için daha uygun bir jel yapısına kavuşmaktadır [12]. Pişirmede kullanılan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsantrasyonu arttıkça nişasta jelinin kırılabilirliği de artmaktadır [41]. Yapılan başka çalışmalarda da nişasta granüllerine bağlanan kalsiyum miktarındaki artışın viskozite sonuçlarına da yansıdığı; artan kalsiyum miktarıyla viskozite değerlerinin de arttığı

belirtilmiştir [26, 44]. Santos ve ark. [45], alkali pişirme sonrası albuminlerin ve globülinlerin pişmiş mısır örneklerinde az miktarda olmasına rağmen, albumin- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve globülin- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ etkileşimlerinin gerçekleşme ihtimalinin olduğunu ve bu etkileşimlerin nişasta kristallerini stabilize ettiğini ifade etmişlerdir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -polimerize protein-nişasta ağı oluşumunun elastik reolojik yapıdan sorumlu olabileceğini belirtmişlerdir. Bununla beraber Lobato-Calleros ve ark. [41] artan kireç konsantrasyonu ile viskoelastik özelliklerin azaldığını bildirmişlerdir. Rüşeymi çıkarılan alkali pişirilmiş mısır unlarının pik viskozitesi değerleri daha düşük olmaktadır [46].



Şekil 4. Alkali pişirme işleminde farklı Ca(OH)_2 konsantrasyonlarının mısır unlarının katılma viskozitesi üzerine etkisi ((1), (2) ve (3) at dişi mısır; (4) ve (5) sert mısır [25].

X-ışını difraksiyonu ile yapılan çalışmalar, işlenmemiş nişastanın A tipi olan kristal yapısının alkali pişmiş mısırdaki V tipine dönüştüğünü göstermektedir. Bu dönüşümde nişastanın pişirme boyunca lipitlerle oluşturduğu komplike yapının etkisi bulunmaktadır. Bu dönüşüm nişastanın çözünürlüğünü ve su absorpsiyonunu etkilemekte, enzimlere karşı direncini arttırmaktadır [22, 37, 47].

Kalsiyum tuzlarının kullanıldığı ekolojik alkali pişirmede CaCl_2 ve CaSO_4 tuzlarının artan konsantrasyonlarıyla nişastanın jelatinizasyon sıcaklığı doğrusal olmayan bir şekilde artarken [48], Ca(OH)_2 kullanıldığı geleneksel alkali pişirmede Ca(OH)_2 konsantrasyonunun artmasıyla jelatinizasyon sıcaklığı azalmaktadır [26, 49]. Yapılan bir çalışmada Ca(OH)_2 konsantrasyonunun izole mısır nişastasının jelatinizasyon sıcaklığını arttırdığı, fakat yağsız mısır ununun jelatinizasyon sıcaklığında önemli bir değişiklik yapmadığı tespit edilmiştir [36]. Buna karşılık Sefa-Dedeh ve ark. [50] ise tam mısır unu kullanarak yaptıkları çalışmada, kullanılan Ca(OH)_2 miktarının artmasıyla jelatinizasyon sıcaklığının azaldığını belirlemişlerdir. Buradan mısır ununda bulunan protein ve yağların nişastanın jelatinizasyon sıcaklığını etkiledikleri söylenebilir.

Alkali pişirme mısır ununun dirençli nişasta miktarını arttırmaktadır. Fakat bu artışta kullanılan kalsiyum kaynağından ziyade pişirme işlemi etkili olmaktadır [22]. Bello-Pérez ve ark. [20] yaptıkları bir çalışmada kalsiyum tuzları ile yapılan alkali pişirme sonucunda mavi renkli mısırlardan üretilen tortillaların glisemik indeks değerinin geleneksel alkali pişirme yöntemine göre elde edilen tortillalardan daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Geleneksel yolla yapılan alkali pişirmede kalsiyum tuzları ile yapılanlara göre daha fazla dirençli nişasta oluştuğu bununla beraber bu unlardan üretilen tortillaların benzer oranda dirençli nişasta içerdikleri ve 4 gün depolamayla bu miktarın değişmediği belirtilmiştir [21]. Depolamanın 10 gün yapıldığı başka bir çalışmada depolamanın retrogradasyon ve dirençli nişastanın artmasına katkı sağladığı bildirilmiştir [51]. Tortilla yapım işlemleri boyunca V tipi amiloz-lipit komplekslerinin oluşumuna paralel olarak dirençli nişasta miktarı da artmaktadır [48]. Dirençli nişasta oluşumuna amiloz-lipit kompleksinin yanında protein interaksyonları da katkı

sağlayabilmektedir [51]. Nişastanın sindirilebilirliği kaynağına göre de değişmektedir. Örneğin mavi mısır tortillasındaki nişasta sindirilebilirliği (%58) beyaz tortillaların (%70-89) altındadır [52]. Dirençli nişastanın sağlığa faydalı etkileri arasında glisemik kontrol, açlık plazma trigliseridi ve kolesterol seviyesi ile minerallerin emiliminin kontrolü bulunmaktadır [53].

Escalante-Aburto ve ark. [54] ekstrüzyon yoluyla yapılan alkali pişirmenin minimum miktarda dirençli nişasta oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Geleneksel alkali pişirmeyle elde edilen mavi mısır unlarının final viskozite değerleri ekstrüzyon tekniği ile üretilenlerden daha yüksektir [19].

Proteinler Üzerine Etkiler

Mısır danesinde bulunan başlıca protein fraksiyonları albuminler, globulinler, prolaminler (zein) ve glutelinlerdir. Tam tanedeki toplam proteinlerin yaklaşık %20-25'ini albumin ve globulin, %35-40'ını zein, %30-40'ını da glutelin oluşturmaktadır. Ruşeym proteinlerinin yaklaşık %60'ını albumin ve globulin oluştururken, endosperm proteinlerinin yaklaşık %90'ını zein ve glutelin oluşturmaktadır [7, 55].

Alkali pişirme protein miktarında Ca(OH)_2 konsantrasyonunun artışıyla doğru orantılı olarak hafif bir artışa neden olmaktadır. Protein miktarındaki bu artışın mısır bileşenlerinin konsantrasyon miktarlarındaki değişime bağlı nispi bir artış olduğu belirtilmektedir [50]. Argun [25], at dişi ve sert mısırlar üzerine farklı Ca(OH)_2 konsantrasyonları (%0, 0.4, 0.8 ve 1.2) uyguladığı çalışmada Ca(OH)_2 konsantrasyonunun protein içeriği üzerine doğrusal olmayan bir etkisi olduğunu ($P<0.01$), mısır unlarının protein içeriğindeki artışın %0.8 Ca(OH)_2 konsantrasyonunda en üst seviyeye ulaştığını, daha sonra genelde sabit kalmakta veya azalmakta olduğunu bildirmiştir. Protein miktarındaki artışı mısır bileşenlerinin konsantrasyonlarının değişmesine bağlı nispi bir artış olduğunu ifade etmiştir. Bununla beraber Rodríguez Méndez ve ark. [56] geleneksel alkali pişirme ile protein, yağ, besinsel lif, vitamin ve mineraller gibi bazı besinsel öğelerin pişirme suyuna geçerek kaybolduğunu bildirmişlerdir. Suda çözünen albumin ve globulin proteinlerinde önemli miktarda, zein proteininde

ise düşük seviyelerde kayıplar olmaktadır [25]. Alkali pişirilmiş mısırlardan yapılan tortillalarda pişirilmemiş mısıra göre lisin ve triptofan miktarlarında azalma olurken *in vitro* protein sindirilebilirliği %75 den %84'lere çıkmaktadır [13].

Pişirme işlemi, Ca(OH)_2 kullanılsın veya kullanılsın mısır proteinlerini polimerize etmektedir. Pişirme esnasında kalsiyum-protein ve protein-kalsiyum-protein interaksiyonları meydana gelmekte ve bu da proteinin ısı direncini arttırmaktadır. Nişasta ile Ca(OH)_2 interaksiyonu, zein polimerizasyonu ve pişirme esnasında kalsiyum-zein bağlarının oluşumunun birleşik etkileri daha kuvvetli ve daha elastik bir jel yapısı oluşturmaktadır [27, 43]. Ca(OH)_2 olmadan yapılan pişirmede polimerizasyon başlıca disülfid bağların çapraz bağlanmasıyla gerçekleşmektedir. Polimerize olmuş mısır proteini mısır ununun jel yapısını stabilize etmektedir [27].

Pişirme sırasında alkali su, nişasta granüllerini çevreleyen protein matrisine kısmi çözünürlük kazandırır. Alkali pişirmede, su ve Ca(OH)_2 'nin, protein matrisinin bir kısmı ile etkileşime girmesi, nişastanın serbest kalması mısır irmiğinin su emilimine katkıda bulunmaktadır [44].

Geleneksel alkali pişirme temel mısır proteinlerinin çözünürlüğünü azaltmakta iken ekstrüzyon işlemi düşük molekül ağırlıklı glutelinlerin ve zeinlerin çözünürlüğünü arttırmaktadır. Bu artış, farklı ksilanaz dozları ile takviye edilmiş ekstrüde nişastalarda daha düşüktür. Çünkü ksilanaz yoluyla mısırdaki bulunan arabinoksilanların depolimerizasyonu, serbest proteinlerin (esasen zeinler) arabinoksilanlar ile etkileşime girmesini sağlar ve böylece çözünmez proteinlerin fraksiyonunu artırır ve bu da mısır unu ürünlerinin dokusunu iyileştirir [58].

Alkali pişirmede ekstrüzyon uygulaması, tortilla ara mamullerinde ve nihai ürünlerde geleneksel nişastamalizasyona göre daha fazla protein agregasyonuna neden olmaktadır [59]. Bunun nedeni ekstrüzyon işleminde intermoleküler disülfid bağlarının oluşmasıdır [60].

Yağlar Üzerine Etkiler

Mısır endospermi düşük miktarda ham yağ içerirken (yaklaşık %1) rüşeym kısmının ham yağ ve protein miktarı oldukça yüksek olup, sırasıyla yaklaşık %33 ve %18'dir. Rüşeym kısmı yüksek oranda doymamış yağ asitlerinden oleik ve linoleik asitleri içermektedir. Buna karşın endosperm kısmının doymuş yağ asidi içeriği ise daha yüksektir [61]. Mısır tanesi toplamda %3.5 civarında yağ içermektedir. Mısır yağının içerdiği başlıca yağ asitleri linoleik asit (>%40), oleik asit ve palmitik asittir [46, 62].

Alkali pişirme ile mısır rüşeyminde bulunan yağ asidi (palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve linoleik asit) miktarlarında önemli bir değişim olmamaktadır. Bununla beraber %2 (w/w) gibi yüksek konsantrasyonda Ca(OH)_2 kullanımı ve 9 saati bulan dinlendirme süresi rüşeym

üzerinde kalsiyum karbonat oluşumunu ve yağların sabunlaşma miktarını arttırmaktadır. Bu artışta kalsiyum iyonları ile serbest yağ asitlerinin karboksil gruplarının reaksiyona girmesi rol oynamaktadır [46]. Alkali işlem ile V tipi kristal yapıya sahip amiloz-lipid komplekslerinin oluşumu desteklenmekte [47; 63, 64] ayrıca bazı mısır yağı fraksiyonları, monogliseridlere ve digliseritlere ayrılarak, proteinlerin bağlanması kolaylaşmaktadır [65]. Amiloz-lipid komplekslerinin varlığı, nişasta granüllerinin su absorpsiyonunu ve şişme kapasitesini düşürmekte [48], oksidatif stabiliteyi arttırmaktadır [66]. Bununla beraber Mendez-Montealvo ve ark. [67] alkali pişirme boyunca lipidlerde sabunlaşma meydana geldiği için amiloz-lipid kompleksi oluşumunun azalacağını bildirmişlerdir. Yahuaca-Juárez ve ark. [68] yaptıkları çalışmalarında en yüksek yağ stabilitesinin elde edildiği en iyi alkali pişirme koşullarının %0.75 Ca(OH)_2 konsantrasyonu ve 12 saatten daha az dinlendirme süresi olduğunu tespit etmişlerdir. *In vitro* sindirim çalışmaları, uzun zincirli doymuş yağ asitlerinin, yağsız mısır nişastası ile kompleks içerisindeyken, kısa zincirli doymuş ve doymamış yağ asitlerine kıyasla sindirilebilirliği daha fazla arttırmakta olduğunu göstermiştir [69].

Alkali pişirme işleminde farklı yöntemlerin kullanılması mısırdaki kalan ve nejayoteye geçen bileşen miktarını etkilemektedir. İnfrared teknolojisi kullanılarak yapılan alkali pişirme işleminden elde edilen tortillalar, ultrasonik banyosu ile ve geleneksel yöntemlerle elde edilen tortillalardan daha fazla yağ ve triptofan içermekte ve pişirme suyunda daha az mısır parçaları bulunmaktadır [57]. Ekolojik yöntemle yapılan alkali pişirme sonucunda geleneksel yöntemle göre mısır tanesinde daha fazla yağ kalmaktadır [22].

SONUÇ

Bu çalışmada alkali pişirmenin mısır perikarpı, nişasta, protein ve yağı üzerine önemli etkilerinden bahsedilmiştir. Bu etkilerin bilinmesi mısır ve ürünleriyle ilgilenen araştırmacılar ve üreticiler için önem arz etmektedir. Ülkemizde mısır üretimi artmaktadır ve bu artış yeni pazar arayışlarını da arttıracaktır. Şu an ürettiğimiz mısırın %15-20'sini insan beslenmesinde ve sanayide kullanırken artan mısır üretimiyle bu oranlarda artacak ve mısır işleme tekniklerinde yeniliklere ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle alkali pişirme mısırdan üretilen gıdaların hazırlanmasında ve yeni ürünlerin üretilmesinde önemli bir aşama olabilir. Alkali pişirme atık suyu olan nejayote de üzerinde durulması gereken bir üründür. Nejayote içerdiği organik bileşikler sebebiyle çevreyi kirlenici etkisi olduğundan arıtılması gerektiği gibi aynı zamanda bu organik bileşikler yeniden değerlendirilerek alkali pişirme sanayiine katma değer sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] IGC (International Grains Council). (2017). Grain Market Report. <http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf> (Erişim Tarihi: 15.11.2017)

- [2] TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2017). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://rapory.tuik.gov.tr/27-02-2017-16:26:33-12403665714308876232-129171335.html> (Erişim Tarihi: 27.02.2017).
- [3] TMO (Toprak Mahsülleri Ofisi). (2014). Hububat Sektör Raporu-2014. http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/raporlar/2014hububatsektor_raporu.pdf (Erişim Tarihi: 08.03.2017).
- [4] Şahin, S. (2001). Türkiye’de mısır ekim alanlarının dağılışı ve mısır üretimi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 73-90.
- [5] Shukla, R., Cheryan, M. (2001). Zein: The industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products*, 13, 171-192.
- [6] Elgün, A., Ertugay, Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları No:718, Erzurum.
- [7] Lásztity, R. (1995). The Chemistry of Cereal Proteins. Second Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- [8] Matz, S.A. (1991). The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed (2nd ed) Van Nostrand Reinhold, New York.
- [9] Iglesias, B.F., Ferraguti, F.J., Azcona, J.O., Charrière, M.V., Schang, M.J. (2014). Effect of nitrogen and sulfur fertilization of corn on grain nutrient composition. In Annual Meeting Poultry Science Association, 103. July 14-17 2014. Texas. US.
- [10] Das, A.K., Singh, V. (2015). Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var. *indurata*) maize. *Journal of Functional Foods*, 13, 363–374.
- [11] Arteaga, S. (2013). *Aflatoxin detoxification method combining mesoamerican nixtamalization and clay absorption techniques*. Honors and Undergraduate Research. Texas A&M University, USA, 15 p.
- [12] Méndez-Montevalvo, G., García-Suárez, F., Paredes-López, O., Bello-Pérez, L. (2008). Effect of nixtamalization on morphological and rheological characteristics of maize starch. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 420-425.
- [13] Janve, B., Yang, W., Kozman, A., Sims, C., Teixeira, A., Gunderson, M.A., Rababah, T.M. (2013). Enhancement of corn nixtamalization by power ultrasound. *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), 1269-1280.
- [14] Hernández-Becerra, E., Gutierrez-Oñate, M.P., Martínez-Soto, G., Vega-Rojas, L.J., Acosta-Osorio, A.A., Contreras-Padilla, M., Rodríguez-García, M.E. (2016). Physicochemical characterization of corn–sorghum nixtamalized flours as a function of the steeping time. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(3), 434-443.
- [15] Vázquez-Carrillo, M.G., Santiago-Ramos, D., Domínguez-Rendón, E., Audelo-Benites, M.A. (2017). Effects of two different pozole preparation processes on quality variables and pasting properties of processed maize grain. *Journal of Food Quality*, doi:10.1155/2017/8627363.
- [16] Rosales, A., Agama-Acevedo, E., Arturo Bello-Pérez, L., Gutiérrez-Dorado, R., Palacios-Rojas, N. (2016). Effect of traditional and extrusion nixtamalization on carotenoid retention in tortillas made from provitamin A biofortified maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(44), 8289-8295.
- [17] De Girolamo, A., Lattanzio, V.M.T., Schena, R., Visconti, A., Pascale, M. (2016). Effect of alkaline cooking of maize on the content of fumonisins B1 and B2 and their hydrolysed forms. *Food Chemistry*, 192, 1083-1089.
- [18] Campechano Carrera, E.M., de Dios Figueroa Cárdenas, J., Arámbula Villa, G., Martínez Flores, H.E., Jiménez Sandoval, S.J., Bárcenas, L., Gabriel, J. (2012). New ecological nixtamalisation process for tortilla production and its impact on the chemical properties of whole corn flour and wastewater effluents. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(3), 564-571.
- [19] Sánchez-Madriral, M.Á., Meléndez-Pizarro, C.O., Martínez-Bustos, F., Ruiz-Gutiérrez, M.G., Quintero-Ramos, A., Márquez-Meléndez, R., Campos-Venegas, K. (2014). Structural, functional, thermal and rheological properties of nixtamalised and extruded blue maize (*Zea mays* L.) flour with different calcium sources. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(2), 578-586.
- [20] Bello-Pérez, L.A., Flores-Silva, P.C., Camelo-Méndez, G.A., Paredes-López, O., Figueroa-Cárdenas, J.D. (2015). Effect of the nixtamalization process on the dietary fiber content, starch digestibility, and antioxidant capacity of blue maize tortilla. *Cereal Chemistry*, 92(3), 265-270.
- [21] Bello-Pérez, L.A., Flores-Silva, P.C., Agama-Acevedo, E., Figueroa-Cardenas, J.D., Lopez-Valenzuela, J.A., Campanella, O.H. (2014). Effect of the nixtamalization with calcium carbonate on the indigestible carbohydrate content and starch digestibility of corn tortilla. *Journal of Cereal Science*, 60(2), 421-425.
- [22] Moreno, R.M.M., Figueroa, J.D.C., Santiago-Ramos, D., Villa, G.A., Sandoval, S.J., Rayas-Duarte, P., Flores, H.E.M. (2015). The effect of different nixtamalisation processes on some physicochemical properties, nutritional composition and glycemic index. *Journal of Cereal Science*, 65, 140-146.
- [23] Salazar, R., Arámbula-Villa, G., Luna-Bárcenas, G., Figueroa-Cárdenas, J.D., Azuara, E., Vázquez-Landaverde, P.A. (2014). Effect of added calcium hydroxide during corn nixtamalization on acrylamide content in tortilla chips. *LWT-Food Science and Technology*, 56, 87-92.
- [24] Fernández-Muñoz, J.L., San Martín-Martínez, E., Díaz-Góngora, J.A.I., Calderon, A., Alvarado-Escobar, A., Ortiz-Cárdenas, H., Leal-Perez, M. (2006). Steeping time and cooking temperature dependence of calcium ion diffusion during microwave nixtamalization of corn. *Journal of Food Engineering*, 76, 568-572.
- [25] Argun, M.Ş. (2016). Ülkemizde Yetiştirilen Bazı Mısır Çeşitlerine Uygulanan Alkali Pişirme İşleminin Mısır Unlarının Karakteristik Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi

- Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Van, Türkiye, 123 s.
- [26] Argun, M.Ş., Doğan, İ.S. (2017). Effects of varying nixtamalization conditions on the calcium absorption and pasting properties of dent and flint corn flours. *Journal of Food Process Engineering*, 40, e12436. doi:10.1111/jfpe.12436.
- [27] Guzmán, A.Q., Flores, M.E.J., Feria, J.S., Montealvo, M.G.M., Wang, Y.J. (2011). Rheological and thermal properties of masa as related to changes in corn protein during nixtamalization. *Journal of Cereal Science*, 53(1), 139–147.
- [28] Gwartz, J.A., Garcia-Casal, M.N. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 66-75.
- [29] Figueroa, J.D.C., Rodríguez-Chong, A., Véles-Medina, J.J. (2011). Proceso ecológico de nixtamalización para la producción de harinas, masa y tortillas integrales. Mexican Patent No. 289339 (pp. 1–22).
- [30] Mariscal-Moreno, R.M., Figueroa, J.D.C., Santiago-Ramos, D., Villa, G.A., Sandoval, S.J., Rayas-Duarte, P., Flores, H.E.M. (2015). The effect of different nixtamalisation processes on some physicochemical properties, nutritional composition and glycemic index. *Journal of Cereal Science*, 65, 140–146.
- [31] Santiago-Ramos, D., Figueroa-Cárdenas, J.D.D., Véles-Medina, J.J., Mariscal-Moreno, R.M., Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., Morales-Sánchez, E. (2015). Resistant starch formation in tortillas from an ecological nixtamalization process. *Cereal Chemistry*, 92(2), 185–192.
- [32] Gutiérrez-Cortez, E., Rojas-Molina, I., Rojas, A., Arjona, J.L., Cornejo-Villegas, M. A., Zepeda-Benítez, Y., Velázquez-Hernández R., Ibarra-Alvarado, C., Rodríguez-García, M. E. (2010). Microstructural changes in the maize kernel pericarp during cooking stage in nixtamalization process. *Journal of Cereal Science*, 51(1), 81-88.
- [33] Sánchez-Madrugal, M.Á., Quintero-Ramos, A., Martínez-Bustos, F., Meléndez-Pizarro, C.O., Ruiz-Gutiérrez, M.G., Camacho-Dávila, A., Ramírez-Wong, B. (2015). Effect of different calcium sources on the bioactive compounds stability of extruded and nixtamalized blue maize flours. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2701-2710.
- [34] Pérez-Carrillo, E., Frías-Escobar, A., Gutiérrez-Mendivil, K., Guajardo-Flores, S., Serna-Saldívar, S.O. (2017). Effect of maize starch substitution on physicochemical and sensory attributes of gluten-free cookies produced from nixtamalized flour. *Journal of Food Processing*, doi:10.1155/2017/6365182.
- [35] Rostro, M., Sánchez-González, M., Rivas, S., Moure, A., Domínguez, H., Parajó, J.C. (2014). Non-isothermal autohydrolysis of nixtamalized maize pericarp: Production of nutraceutical extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 58(2), 550-556.
- [36] Bryant C.M., Hamaker B.R. (1997). Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal Chemistry*, 74(2), 171-175.
- [37] Mondragón, M., Bello-Pérez, L.A., Agama, E., Melo, A., Betancur-Ancona, D, Peña, J.L. (2004). Effect of nixtamalization on the modification of the crystalline structure of maize starch. *Carbohydrate Polymers*, 55(4), 411-418.
- [38] Rojas-Molina, I., Gutierrez-Cortez, E., Palacios-Fonseca, A., Baños, L., Pons-Hernandez, J.L., Guzmán-Maldonado, S.H., Pineda-Gomez, P., Rodríguez, M.E. (2007). Study of structural and thermal changes in endosperm of quality protein maize during traditional nixtamalization process. *Cereal Chemistry*, 84(4), 304-312.
- [39] Guzmán, A.Q., Flores, M.E.J., Escobedo, R.M., Guerrero, L.C., Feria J.S. (2009). Changes on the structure, consistency, physicochemical and viscoelastic properties of corn (*Zea mays* sp.) under different nixtamalization conditions. *Carbohydrate Polymers*, 78(4), 908-916.
- [40] Mondragón, M., Mendoza-Martínez, A.M., Bello-Pérez, L.A., Peña, J.L. (2006). Viscoelastic behavior of nixtamalized maize starch gels. *Carbohydrate Polymers*, 65, 314-320.
- [41] Lobato-Calleros, C., Hernandez-Jaimes, C., Chavez-Esquivel, G., Meraz, M., Sosa, E., Lara, V.H., Vernon-Carter, E.J. (2015). Effect of lime concentration on gelatinized maize starch dispersions properties. *Food Chemistry*, 172, 353-360.
- [42] Santiago-Ramos, D., Figueroa-Cárdenas, J.D., Véles-Medina, J.J., Mariscal-Moreno, R.M. (2017). Changes in the thermal and structural properties of maize starch during nixtamalization and tortilla-making processes as affected by grain hardness. *Journal of Cereal Science*, 74, 72-78.
- [43] Guzmán, A.Q., Flores, M.E.J., Feria, J.S., Montealvo, M.G.M., Wang, Y.J. (2010). Effects of polymerization changes in maize proteins during nixtamalization on the thermal and viscoelastic properties of masa in model systems. *Journal of Cereal Science*, 52, 152-160.
- [44] Brenda, C.J., Marcela, G.M., de Dios, F.C.J., Eduardo, M.S. (2014). Effect of steeping time and calcium hydroxide concentration on the water absorption and pasting profile of corn grits. *Journal of Food Engineering*, 122, 72-77.
- [45] Santos, E.M., Quintanar-Guzman, A., Solorza-Feria, J., Sanchez-Ortega, I., Rodriguez, J.A., Wang, Y.J. (2014). Thermal and rheological properties of masa from nixtamalized corn subjected to a sequential protein extraction. *Journal of Cereal Science*, 60(3), 490-496.
- [46] Rojas, L.J.V., Molina, I.R., Cortez, E.G., Londoño, N.R., Osorio, A.A.A., López, A.D.R., García, M.E.R. (2017). Physicochemical properties of nixtamalized corn flours with and without germ. *Food Chemistry*, 220, 490-497.
- [47] Figueroa, J.D.C., Medina, J.J.V., Landaverde, M.A.H., Cuevas, F.A., Martínez, M.G., Martínez, E.C., Palacios, N., Willcox, M. (2013). Effect of annealing from traditional nixtamalisation process on the microstructural, thermal, and rheological

- properties of starch and quality of pozole. *Journal of Cereal Science*, 58, 457-464.
- [48] Santiago-Ramos, D., Figueroa-Cárdenas, J.D., Véles-Medina, J.J., Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E. (2015). Effects of annealing and concentration of calcium salts on thermal and rheological properties of maize starch during an ecological nixtamalization process. *Cereal Chemistry*, 92(5), 475-480.
- [49] Spier, F., Zavareze, E.D.R., Marques e Silva, R., Elias, M.C., Dias, A.R.G. (2013). Effect of alkali and oxidative treatments on the physicochemical, pasting, thermal and morphological properties of corn starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(9), 2331-2337.
- [50] Sefa-Dedeh, S., Cornelius, B., Sakyi-Dawson, E., Afoakwa, E.O. (2004). Effect of nixtamalization on the chemical and functional properties of maize. *Food Chemistry*, 86(3), 317-324.
- [51] Flores-Morales, A., Jiménez-Estrada, M., Mora-Escobedo, R. (2012). Determination of the structural changes by FT-IR, Raman, and CP/MAS 13 C NMR spectroscopy on retrograded starch of maize tortillas. *Carbohydrate Polymers*, 87(1), 61-68.
- [52] Sáyago-Ayerdi, S.G., Tovar, J., Zamora-Gasga, V.M., Bello-Pérez, L.A. (2014). Starch digestibility and predicted glycaemic index (pGI) in starchy foods consumed in Mexico. *Starch*, 66, 91-101.
- [53] Raigond, P., Ezekiel, R., Raigond, B. (2015). Resistant starch in food: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 1968-1978.
- [54] Escalante-Aburto, A., Ponce-García, N., Ramírez-Wong, B., Santiago-Ramos, D., Véles-Medina, J. J., de Dios Figueroa Cárdenas, J. (2016). Effect of extrusion factors and particle size on starch properties of nixtamalized whole blue corn snacks. *Starch*, 68, 1111-1120.
- [55] Hojilla-Evangelista, M.P. (2012). Extraction and functional properties of non-zein proteins in corn germ from wet-milling. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(1), 167-174.
- [56] Rodríguez Méndez, L.I., Figueroa, J.D.C., Ramos Gómez, M., Méndez Lagunas, L.L. (2013). Nutraceutical properties of flour and tortillas made with an ecological nixtamalization process. *Journal of Food Science*, 78(10), 1529-1534.
- [57] Mendez-Albores, A., Zamora-Rodríguez, D., Arambula-Villa, G., Vazquez-Duran, A., Moreno-Martinez, E. (2014). Impact of different alkaline-heating processes on technological and nutritional properties of maize tortillas. *Journal of Food & Nutrition Research*, 53(1), 60-70.
- [58] Moreno-Rivas, S.C., Medina-Rodríguez, C.L., Torres-Chávez, P.I., Ramírez-Wong, B., Platt-Lucero, L.C. (2014). Changes in the solubility of corn proteins through interaction with the arabinoxylans in extruded nixtamalized corn flour treated with xylanase. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 148-154.
- [59] Chaidez-Laguna, L.D., Torres-Chavez, P., Ramírez-Wong, B., Marquez-Ríos, E., Islas-Rubio, A. R., Carvajal-Millan, E. (2016). Corn proteins solubility changes during extrusion and traditional nixtamalization for tortilla processing: A study using size exclusion chromatography. *Journal of Cereal Science*, 69, 351-357.
- [60] de Mesa-Stonestreet, N. J., Alavi, S., Gwirtz, J. (2012). Extrusion-enzyme liquefaction as a method for producing sorghum protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 365-375.
- [61] Singh, N., Singh, S., Shevkani, K. (2011). Maize: composition, bioactive constituents, and unleavened bread. In: *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Edited by Preedy, Watson & Patel, Academic Press, London, UK, 89-101p.
- [62] Serna-Saldivar, S.O. (2015). Nutritional and nutraceutical features of regular and protein fortified corn tortillas. In: *Bread and Its Fortification: Nutrition and Health Benefits*, Edited by Rosell, Bajerska & Sheikh, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 322-354p.
- [63] Figueroa, J.D.C., Medina, J.J.V., Tolentino-López, E.M., Gaytán-Martínez, M., Aragón-Cuevas, F., Palacios, N., Willcox, M. (2013). Effect of traditional nixtamalization process on starch annealing and the relation to pozole quality. *Journal of Food Process Engineering*, 36(5), 704-714.
- [64] Figueroa-Cárdenas, J.D., Véles-Medina, J.J., Esquivel-Martínez, A.M., Mariscal-Moreno, R.M., Santiago-Ramos, D., Hernández-Estrada, Z.J. (2016). Effect of processing procedure on the formation of resistant starch in tamales. *Starch*, 68(11-12), 1121-1128.
- [65] Guadarrama-Lezama, A. Y., Carrillo-Navas, H., Vernon-Carter, E.J., Alvarez-Ramirez, J. (2016). Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural features of bread obtained from nixtamalized corn/wheat flour blends. *Journal of Cereal Science*, 69, 158-165.
- [66] Thachil, M.T., Chouksey, M.K., Gudipati, V. (2014). Amylose-lipid complex formation during extrusion cooking: effect of added lipid type and amylose level on corn-based puffed snacks. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(2), 309-316.
- [67] Mendez-Montealvo, G., Sánchez-Rivera, M. M., Paredes-López, O., Bello-Perez, L.A. (2006). Thermal and rheological properties of nixtamalized maize starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 40(1), 59-63.
- [68] Yahuaca-Juárez, B., Martínez-Flores, H.E., Huerta-Ruelas, J.A., Vazquez-Landaverde, P.A., Pless, R.C., Tello-Santillán, R. (2013). Effect of thermal-alkaline processing conditions on the quality level of corn oil. *CyTA-Journal of Food*, 11(sup1), 1-7.
- [69] Meng, S., Ma, Y., Cui, J., Sun, D.W. (2014). Preparation of corn starch-fatty acid complexes by high-pressure homogenization. *Starch*, 66(9-10), 809-817.