

## PATATES PROTEİNLERİ

Mehtap ÇELİK<sup>1\*</sup>, Metin YILDIRIM<sup>2</sup>, Zeliha YILDIRIM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye

<sup>2</sup>Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye

### ÖZET

Taze patates yumrusu yaklaşık % 1,5-4,0 oranında protein içermektedir. Patates proteinleri özellikle aspartik asit ve glutamik asitçe zengin olup lösin, valin, alanin, lizin ve arjinin aminoasitlerini de önemli miktarlarda bulundurlar. Bitkisel kaynaklı proteinler arasında lizin bakımından en zengin proteinlerden birisi olan patates proteinleri, yaklaşık % 30-60 oranında patatinler, % 20-50 oranında proteaz inhibitörleri ve % 10-30 oranında diğer proteinler olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Patates proteinlerinin izole edilmesinde ısı ile çöktürme, izoelektrik çöktürme, tuzlarla çöktürme, organik çözücülerle çöktürme, ultrafiltrasyon ve kromatografi ile ayırma gibi birçok yöntem denenmiştir. Patates proteinlerinin köpük oluşturma emülsifiye etme ve jelleşme gibi işlevsel özelliklere sahip oldukları gösterilmiştir. Bu makalede patates proteinlerinin bileşimi, izolasyonu, işlevsel özellikleri ve besin değeri hakkında bilgiler verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Patates proteinleri, izolasyonu, işlevsel özellikleri

## POTATO PROTEINS

### ABSTRACT

Fresh potato tubers contain approximately 1.5-4.0% protein. Potato proteins are particularly rich in aspartic acid and glutamic acids; also contain significant levels of leucine, valine, alanine, lysine and arginine. Potato protein is one of the best plant proteins as a source of lysine. Potato proteins are divided into three groups: patatins (30–60%), protease inhibitors (20–50%) and other proteins (10–30%). Many extraction techniques were applied for the recovery of proteins from potato tubers including thermal coagulation, salt, acid and organic solvent precipitations, ultrafiltration and chromatographic techniques. It was shown that potato proteins have functional properties like foaming, gelling and emulsifying. This paper will give information on the proteins present in potato tuber, their compositions, extraction and functional properties.

**Keywords:** Potato proteins, isolation, functional properties

## 1. GİRİŞ

Temel gıda maddelerinden birisi olarak kabul edilen patates, mısır, pirinç ve buğdaydan sonra üretim açısından dünyada 4. sırada yer almaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı'na göre 2012 yılı yaklaşık mısır üretimi 873 milyon ton, pirinç üretimi 738 milyon ton, buğday üretimi 672 milyon ton ve patates üretimi ise 365 milyon tondur [1]. Doğrudan tüketiminin yanı sıra patates, nişasta sanayi için de önemli bir hammaddedir. Taze patates yaklaşık % 80 su ve % 20 kurumadde içermektedir. Kurumaddenin yaklaşık % 60-80 kadarını nişasta ve % 10-20 kadarını ise proteinler oluşturmaktadır [2].

Patates proteini, genellikle nişasta sanayiinin yan ürünü şeklinde ortaya çıkan sıvıdan üretilmektedir. Nişasta üretiminden sonra geriye kalan bu sıvıda yaklaşık % 1,2 düzeyinde protein bulunmaktadır. Bu proteinin tamamının geri kazanılması durumunda 240 000 ton civarında yüksek kaliteli protein üretilebileceği

\* Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 364 227 45 33-1227; e-mail: [mehtapcelik22@gmail.com](mailto:mehtapcelik22@gmail.com)

belirtilmektedir. Özellikle beslenmedeki önemi ve sahip oldukları işlevsel nitelikleri nedeniyle günümüzde proteinlere olan talep her geçen gün artış göstermektedir [2].

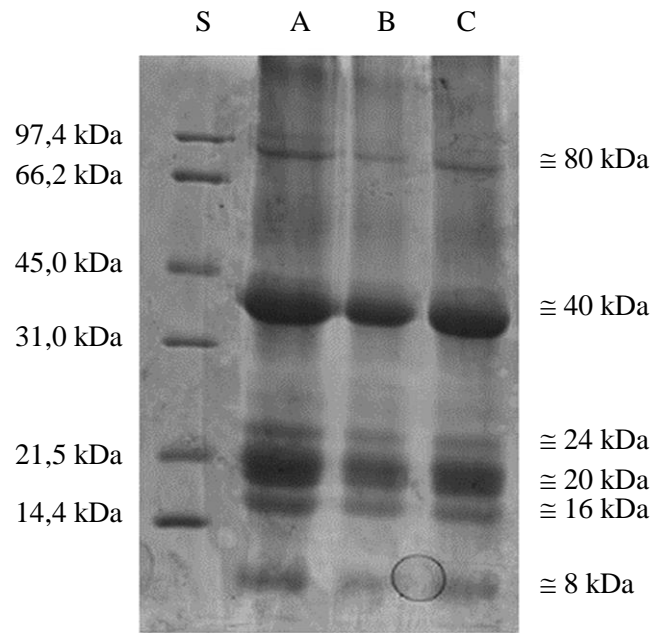
Son ürünün kalitesinin belirlenmesi, üretim aşamalarının kolaylaştırılması ve yeni gıda maddelerinin geliştirilmesi açısından işlevsel özellikler önemlidir [3, 4, 5]. Bu nedenlerle proteinler, tat-koku maddelerini taşıma, köpük, emülsiyon, jel ve hamur oluşturma gibi özellikleri ile gıdanın işlevsel niteliklerini etkileyen ve/veya belirleyen önemli bileşenlerdir.

Patates proteinleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, patates proteinlerinin özgün besinsel ve işlevsel niteliklere sahip olduklarını ortaya koymuştur [2]. Patates proteinlerinin lizince zengin oldukları ve lizince fakir olan buğday ve ürünleri gibi gıda maddeleri için çok iyi bir lizin takviyesi olabileceği belirtilmiştir [6]. Patates proteinlerinin besin değerinin kazeinden daha iyi ve yumurta akı proteinine ise yakın olduğu gösterilmiştir [7].

## 2. PATATES PROTEİNLERİ

Taze patates yumrusu % 1,5-4,0 oranında protein içermektedir [8]. Osborn ve Campbell tarafından patates proteinleri üzerinde 1896 yılında yapılan ilk çalışmadan sonra çözünürlük farkı, iyon değiştirici kromatografi, boyut ayırıcı kromatografi ve elektroforez gibi teknikler kullanarak patates proteinlerinin ayrılması ve karakterize edilmesi amacıyla birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Patates proteinleri sodyum dodesilsülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) ile moleküler boyutlarına göre ayrıldıklarında birkaç bant gözlenirken (Şekil 1), doğal poliakrilamid jel elektroforezi (Native-PAGE) ile sahip oldukları yüke göre ayrıldıklarında ise çok sayıda bant tespit edilmiştir [9].

Patates proteinleri, yaklaşık % 30-60 oranında patatinler, % 20-50 oranında proteaz inhibitörleri ve % 10-30 oranında diğer proteinler olmak üzere üç grupta incelenmektedir [2, 10].



**Şekil 1.** Patates proteinlerinin SDS-PAGE görüntüsü. S: moleküler ağırlık standardı, A: 10 µg patates proteini, B: 15 µg patates proteini ve C: 20 µg patates proteini uygulanmış hatlar. Patatin: 40 kDa, Proteaz inhibitörleri: 8-24 kDa, Fosforilaz: 80 kDa [11]

### 2.1. Patatin

İlk olarak Racusen ve Foote [12] tarafından kromatografik yöntemler kullanılarak patates yumrusundan izole edilmiş ve bu araştırmacılar tarafından da patatin olarak adlandırılmıştır. Patates yumrusunda yüksek oranda birikmesi nedeniyle patatinin bir depo proteini olduğu kabul edilmiştir. Boyut ayırıcı kromatografi ile sabit

miktarda heksozamin içeren tek bir protein bandı oluşturan patatin, SDS-PAGE ve izoelektrik odaklama elektroforez tekniklerinde birden fazla bant oluşturmaktadır [13, 14].

Bir glikoprotein olan patatin patates yumrusundaki çözünebilir proteinlerin % 30-60'ını oluşturmaktadır [10,13]. Patatinin 366 aminoasitten oluştuğu; hidrofobik ve hidrofilik kümeler içermediği görülmüştür [14]. Pozitif ve negatif yüke sahip aminoasitler dizi içerisinde düzensiz dağılmıştır. Patatin 40-43 kDa moleküler ağırlığa ve 4,5-5,2 pH aralığında izoelektrik noktaya sahip bir grup asidik glikoproteinden oluşur [10]. Patatin yaklaşık % 5 nötral şeker ve % 1 heksozamin içermektedir [12]. Nötral pH değerinde ve oda sıcaklığında hidrofobik etkileşimler ile bir arada tutulan yaklaşık 80 kDa moleküler ağırlığa sahip dimerler halinde bulunan patatin yüksek oranda ikincil yapıya sahiptir (% 35  $\alpha$ -heliks, %  $\beta$ -katlanmalı yapı ve % 15 düzensiz yapı) [10, 15, 16].

Düşük bir denatürasyon sıcaklığı (pH 7,0'de 60°C) gösteren patatin pH değişimlerine karşı da oldukça duyarlıdır. Patatin, pH 4,5 veya altında üç boyutlu yapısını kaybetmektedir [17]. İlâveten patatin, işlevsel özellikleri üzerinde önemli bir etki gösteren spesifik olmayan geniş bir lipid akil hidrolaz, fosfolipaz A2 ve lipid akil transferaz aktivitesine de sahiptir [16, 18, 19]. Ayrıca patatinin  $\beta$ -1,2-ksilozidaz enzimi aktivitesi [20] ve patojen maya ve küflere karşı savunma mekanizması içerisinde yer alan  $\beta$ -1,3-glukanaz enzimi aktivesi de gösterdiği bildirilmiştir [21].

## 2.2. Proteaz İnhibitörü

Patates yumrusunda bulunan protein inhibitörlerinin kükürt içeren aminoasit kaynağı depo proteinleri olduğu belirtilmiştir. Bu gruptaki proteinlerin, yumrudaki proteazların aktivitesini kontrol altında tuttukları ve patojenlere karşı patates yumrusunun korunmasında değişik fizyolojik aktivitelere sahip oldukları ifade edilmiştir [22]. 5-25 kDa moleküler ağırlığa sahip olan bu grup toplam patates proteininin % 20-50'sini oluşturmaktadır. Bazı karakterdeki bu grup patatinden daha heterojen olup moleküler ağırlık, izoelektrik nokta ve enzim inhibe etme aktivitesi dikkate alınarak yapılan sınıflandırmada patates inhibitörü I, patates inhibitörü II, patates sistein-proteaz inhibitörleri, patates aspartik-proteaz inhibitörleri, patates Kunitz proteaz inhibitörleri, diğer serin-proteaz inhibitörleri ve patates karboksipeptidaz inhibitörleri olmak üzere 7 alt grupta toplanmıştır [10, 23]. Patates proteaz inhibitörleri geniş bir inhibisyon spektrumuna sahiptirler. Yedi alt gruptan bir tanesi olan karboksipeptidaz inhibitörü grubu hariç inhibitörlerin tamamı tripsin ve/veya kimotripsini inhibe edebilmektedir [23].

Proteaz inhibitörleri, besin sindirimini engelleme özelliklerinin yanı sıra anti-kanserojen etki ve kolesitokinin oluşturma potansiyeline de sahiptirler. Sahip oldukları di-sülfid bağlarının koruyucu etkileri sayesinde pH 3,0-7,5 aralığında üç boyutlu yapılarında herhangi bir değişim gözlenmez [24].

## 2.3. Diğer Proteinler

Patatin olmayan ve proteaz inhibisyon aktivitesi göstermeyen proteinler bu başlık altında toplanmıştır. Bu proteinlerin toplam patates proteinleri içerisindeki payı % 10-30 arasında değişim göstermektedir. Bu gruptaki proteinler 40 kDa'dan daha büyük moleküler ağırlığa sahip olup, lektinler, polifenol oksidazlar, lipoksijenazlar, nişasta sentezinde görevli enzimler ve fosforilazlardan oluşmaktadır [2, 10, 23].

## 3. PATATES PROTEİNLERİNİN İZOLASYONU

Patates proteinlerinin yüksek verim, besin değeri ve işlevsel özelliklerde izole edilebilmesi için ısı işlemi, asit, FeCl<sub>3</sub>, MnCl<sub>2</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, metil alkol, etil alkol, izopropil alkol ve aseton ile çöktürme, karboksimetil selüloz ile kompleks oluşturma, ultrafiltrasyon ve kromatografi ile ayırma gibi birçok yöntem uygulanmıştır [16, 25, 26].

Patates parçalandıktan sonra elde edilen sıvı oldukça kararsızdır. Polifenol oksidazlar ve lipoksijenazlar gibi okside edici enzimlerle klorojenik asit gibi polifenolik substratlar arasındaki engelin kalkması sonucu renkte hızlı bir kararma ve proteinlerde hızlı bir değişim gerçekleşir. Bu durum patates proteinlerinin flokülasyonuna neden olabilmektedir [27]. Oksidasyona yol açan enzimleri inaktif hale getirmek için genellikle sülfid kullanılır. Ortam pH'sının düşürülmesi de enzimatik aktiviteyi yavaşlatır. Ancak özellikle patatin düşük pH değerlerinde denatüre olur ve endüstriyel kullanımı sınırlanır. Bu nedenlerle kararsız olan patates sıvısından proteinlerin hızlı ekstrakte edilmesi bir zorunluluktur.

Patates nişastası üretimi sonrasında arta kalan sıvıdan proteinlerin geri kazanılması için genellikle 90°C'nin üzerindeki ısı işlemleri kullanılmaktadır. Bu şekilde üretilen protein konsantrisi veya izolatu düşük mineral içerikli ve açık renkli olmakla birlikte çok yetersiz çözünürlük, su ve yağ tutma özellikleri nedeniyle kullanımları hayvan beslenmesiyle sınırlı kalmaktadır [28]. Organik çözenlerden etil alkol ve izopropil alkol ile pH 5'te yapılan çöktürme işlemi sonucunda hem patates proteinleri % 85-90 oranında ekstrakte edilmiş ve hem de yaklaşık % 80 gibi yüksek bir çözünürlük sağlanmıştır [16].

Patates proteinlerinin fraksiyonlarına ayrılmadan saflaştırılması halinde agregasyona ve flokülasyona uğrayabileceği ve sonuçta elde edilen ürünün çözünürlüğünün düşük ve işlevsel özelliklerinin yetersiz olacağı vurgulanmıştır. Bu nedenle patates proteinlerinin ısı işlem, kromatografi ve ultrafiltrasyon gibi uygulamalar ile fraksiyonlarına ayrılması önerilmektedir [2]. Teknolojik gelişmeler patates proteininin endüstriyel ölçekte daha ılımlı koşullar altında üretilmesine imkân tanımıştır [29]. Bu proteinler önceki üretim koşulları ile elde edilenlere göre daha yüksek çözünürlük, jelleşme, köpürme ve emülsifiye etme gibi işlevsel özelliklere sahip olabilmektedirler.

Patatesta triglikoalkoloidlerden  $\alpha$ -solanin ve  $\alpha$ -kakonin bulunmaktadır. Işığa maruz kalma, fiziksel hasar ve depolama süresi patates yumrusunun glikoalkoloid içeriğini artırmaktadır. Glikoalkoloidlerin karbonhidrat içeren formu hem acı hem de toksik özellik gösterdiğinden patates protein konsantrisi veya izolatu üretimi sırasında son üründe konsantrisi olmalarını engelleyecek önlemlerin alınması gerekmektedir.

### 3.1. Isıl Denatürasyon ile İzolasyon

Isıl denatürasyon ile patates proteinleri elde etmek için farklı uygulamalar yapılabilmektedir. Miedzianka ve ark. [30] tarafından kullanılan yöntemde öncelikle parçalanmış patatesler sodyum bisülfid ( $\text{NaHSO}_3$ ) ve/veya sodyum meta-bisülfid ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) karışımına daldırılarak enzimatik esmerleşme durdurulur. Patates parçaları öğütülerek pulp haline getirilir ve suyu ayrılır. Patates suyunun pH değeri 1 M NaOH çözeltisi ile 7'ye ayarlanıp % 0,045 oranında kalsiyum klorür ilave edildikten sonra 70-90°C'de 20 dakika ısıtılır. Çöken proteinler santrifüj ile ayrılıp kurutulur. Bu şekilde elde edilen bir protein izolatının yaklaşık % 90 protein içerdiği bildirilmiştir.

Isıl işlem ile üretilen ticari bir patates protein izolatının protein oranının yüksek mineral madde oranının da düşük olduğu buna karşılık çözünürlük, su ve yağ tutma kapasitesi gibi işlevsel niteliklerinin ise zayıf kaldığı bildirilmiştir [31]. Üç farklı nişasta fabrikasında üretilen 18 patates protein konsantrisinin kurumaddede % 80,0-82,4 protein, % 7,3-7,7 nişasta ve % 2,6-3,1 mineral madde içerdiği belirlenmiştir [32]. Isıl işlem patates proteinlerinin tam olarak denatürasyonuna yol açmakta ve işlevsel özelliklerini de önemli ölçüde yok etmektedir [33]. Bu şekilde üretilen patates proteinleri genellikle hayvan beslenmesinde kullanılabilir [28].

### 3.2. Kompleks Oluşturarak İzolasyon

Patates proteinlerinin bentonit ve sodyum karboksimetil selüloz gibi maddelerle kompleks oluşturmaları sağlanarak izolasyonları gerçekleştirilebilir. Gonzalez ve ark. [34] tarafından karboksimetil selüloz ile patates proteinlerinin yaklaşık % 25'inin geri kazanıldığı bildirilirken, Vikelouda ve Kiosseoglou [35] tarafından bu oranın % 34-39 düzeyinde gerçekleştiği bildirilmiştir. Karboksimetil selüloz ile patates proteinlerini ayırmak için uygulanan yöntem şu şekildedir: Patates yumruları eşit miktarda su ile karıştırılarak parçalanır. Kararmayı önlemek için karışıma % 1 oranında sodyum bisülfid ( $\text{NaHSO}_3$ ) ilave edilir. Tortu kısmı uzaklaştırıldıktan sonra sodyum karboksimetil selüloz/protein oranı 0,1 olacak şekilde sodyum karboksimetil selüloz ilavesiyle pH 2,5'te proteinler çöktürülür. Çökelti toplanır ve kurutulur. Bu şekilde elde edilen protein konsantrisinin yaklaşık % 74 protein ve % 4,9 mineral madde içerdiği ve yumurta akıyla karşılaştırıldığında daha yüksek köpük oluşturma ve köpük stabilize etme nitelikleri ortaya koyduğu bildirilmiştir [36].

### 3.3. Köpük Yöntemiyle İzolasyon

Çözünenlerin hidrofobisite farklılığı esasına göre izolasyonlarını sağlayan bu teknikte hedef çözüneni ayırmak için hava baloncukları kullanılmaktadır [37]. Weijenberg ve Mulder [38] tarafından patates proteinlerinin de köpük oluşturularak izole edilebileceği bildirilmiştir. Köpük yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada 45°C'de, 7 pH'da ve 100 mL/dakika hava akış hızında patates proteinleri, patates sıvısından 4,69 kat zenginleştirilerek izole edilebilmiştir. Bu koşullarda patates proteinlerinin geri kazanım oranı % 73,4 düzeyine kadar çıkmıştır [39].

### 3.4. Membran Teknolojisi ile İzolasyon

Membran teknolojisi kullanılarak iyi düzeyde işlevsel özellikler gösteren patates proteini konsantresi veya izolatu elde edilebilmektedir. Bu teknoloji ile patates proteinleri denatüre olmaksızın izole edilebildiği için iyi düzeyde çözünürlük, köpürme ve emülsifiye etme nitelikleri sağlanabilmektedir. Membran teknolojisi ile üretilen patates proteinlerinin ticari soya protein ürününe oranla daha iyi çözünürlük, köpürme ve emülsifiye etme özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir [14].

Ultrafiltrasyon membranı kullanılarak üretilen patates protein konsantresinin yaklaşık % 72 protein içerdiği bildirilmiştir [30]. Patates suyuna ultrafiltrasyon tekniğinin diafiltrasyon şeklinde uygulanması ve elde edilen konsantrenin püskürtülerek kurutulmasıyla hazırlanan ürünün % 80-83 protein içerdiği bildirilmiştir [40].

Membran teknolojisiyle üretilmiş patates proteininin termal denatürasyon tekniği ile elde edilen patates proteinine oranla daha yüksek işlevsel özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Ancak proteaz inhibitörlerinin varlığı besin değerini olumsuz yönde etkilediğinden tüketime sunulan patates proteininin işlevsel özellikleri kötüleşiren ısı işleme tabi tutulması zorunlu olmaktadır [33].

### 3.5. Kromatografik Yöntemlerle İzolasyon

Değişik kromatografik yöntemler kullanılarak patates proteinleri izole edilmiştir. Patates proteinlerinin izolasyonunda en çok kullanılan kromatografik yöntem adsorpsiyon kromatografisidir. Adsorpsiyon kromatografisi ile patates suyundan proteinlerin izolasyonu sırasında proteinlerin enzimatik veya kimyasal reaksiyonlara uğraması da engellenebilmektedir. Bu yöntem ile oldukça yüksek saflık düzeyine sahip yıllık 1.000 ton protein üretim kapasitesine sahip bir pilot tesis Hollanda'da faaliyet göstermektedir [2].

Patates proteinleri iyon değiştirici kromatografi ile asidik ve bazik fraksiyonlara ayrılarak izole edilmiştir [14]. Genişletilmiş yüzey adsorpsiyon kromatografisi (expanded bed adsorption) ile patates proteinleri izole edilmiş ve farklı yöntemlerle kurutulmuştur. Elde edilen ürünün % 83-85 düzeyinde protein içerdiği ve pH 6'da maksimum çözünürlüğün % 65 seviyesinde olduğu belirlenmiştir [41]. Ayrıca patates proteinlerinin tekrarlanan-hareketli-reçine (simulated moving bed) kromatografisi ile de izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Patates suyundaki proteinlerin % 80'inin sabit faz olark Q Sepharose FF (GE Healthcare, İsveç)'nin kullanıldığı tekrarlanan-hareketli-reçine kromatografisi ile izole edilebildiği bildirilmiştir [42].

Patates proteininin değişik formları Tablo 1'de sunulmuştur. Isıl işlem ile üretilen protein ürünü yem kalitesindeyken fraksiyone patates protein izolatu gıda ve eczacılık kalitesindedir [2].

## 4. PATATES PROTEİNLERİNİN İŞLEVSEL ÖZELLİKLERİ

Proteinlerin gıda uygulamalarındaki kullanılabilirliğini belirleyen en önemli faktör, sahip oldukları işlevsel özelliklerdir. İşlevsel özellik gıdanın besleyici değerinin dışında kalan tekstür, tat-koku, renk ve görünüş gibi parametreleri belirleyen niteliklerdir. Örneğin köpük oluşturma, emülsifiye etme ve jelleşme gibi işlevsel özellikler gıdaların tekstürünün oluşmasını sağlarlar [43].

### 4.1. Çözünürlük

Bir proteinin çözünürlüğü diğer işlevsel özellikler üzerinde belirleyici olması nedeniyle çok büyük bir öneme sahiptir. Protein çözünürlüğü moleküler yapı, moleküler ağırlık, izolasyon metodu, sıcaklık, pH, iyonik güç ve diğer bileşenlerin bulunması gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Protein-protein etkileşiminin maksimum seviyede olması nedeniyle proteinler izoelektrik noktalarında en düşük çözünürlüğü gösterirler. İyonların konsantrasyonu ve çeşidi proteinlerin su tutma kapasitesini, şişmesini ve çözünmesini önemli derecede etkilemektedir [43].

Yaklaşık % 80,1 protein içeren ticari patates protein konsantresinin 2-10 pH aralığındaki çözünürlüğü bir mikrometreden daha küçük boyutlu agregatların bulunması nedeniyle % 40'ın altında kalmıştır. En yüksek çözünürlük % 35 değeri ile pH 8'de tespit edilmiştir [11]. Organik çözenlerle (metil alkol, etil alkol, izopropil alkol ve aseton) pH 5'te yapılan çöktürme işlemi ile hem patates proteinlerinin % 91'i ekstrakte edilmiş ve hem de % 83 gibi yüksek bir çözünürlüğe ulaşılmıştır [16]. Patates proteinlerinin pH 5'in üzerindeki çözünürlüklerinin ortamın iyonik gücünden önemli ölçüde etkilendiği bildirilmiştir [14, 28].

**Tablo 1.** Farklı patates protein ürünlerinin özellikleri [2]

| Patates Protein Ürünü                       | Üretimde Kullanılan Teknoloji                                                        | Protein oranı (%) | Çözünürlük |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Isıl Denatüre Patates Proteinini            | 90-105°C'ye ısıtma                                                                   | 60-75             | <% 5       |
| Ultrafiltre Patates Proteinini              | Ultrafiltrasyon                                                                      | 70-80             | Yüksek     |
| Kromatografik Patates Proteinini            | İyon değıştirici veya hidrofobisite ve izoelektrik nokta odaklama karışımı sabit faz | >90               | Yüksek     |
|                                             | Adsorpsiyon özellikli sabit faz                                                      | 83-85             | % 65       |
| Kromatografik Fraksiyone Patates Proteinini | Hidrofobisite ve izoelektrik nokta karışımı sabit faz                                | 90-95             | Yüksek     |

#### 4.2. Köpük Oluşturma

Proteinlerin hem polar hem de apolar grupları bir arada içermesi onları iyi bir köpük oluşturucu madde konumuna getirmektedir. Bu nitelikleri sayesinde proteinler su-hava ara yüzeyinde yer alarak hava küreciklerinin birleşmesine engel olurlar. Dondurma, kek gibi köpüklü yapıya sahip gıdalarda köpürmeyi sağlamak için genellikle süt veya yumurta proteinleri kullanılmaktadır. Patates proteinlerinin köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesinin belirlenmesi için çok sayıda çalışma yapılmıştır [36, 44, 45]. Ancak gerek patates proteininin üretim şeklindeki değışkenlik gerekse köpük oluşturma niteliğini belirlemek için kullanılan yöntemler arasındaki farklılıklar sağlıklı bir karşılaştırma yapılmasına engel olmaktadır.

Patates proteinlerinin peynir altı suyu protein izolatından daha düşük bir köpük oluşturma yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir [46]. Diğer yandan patates proteinlerinin yumurta albüminleri ve kazeinden daha iyi köpük oluşturabildikleri de saptanmıştır [36, 45]. Patates proteinlerinden patatinin nötral pH değerinde düşük köpük oluşturma kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir. Patates protein izolatının nötral pH değerindeki köpük oluşturma kapasitesinin patatinden daha iyi, ancak stabilitesinin ise daha kötü olduğu saptanmıştır [28]. Düşük moleküler ağırlıklı patates protein fraksiyonunun yumurta albüminine benzer köpürme özelliğine sahip olduğu görülmüştür [2]. Etanol çöktürmesiyle üretilen patates protein izolatından çırpma yöntemiyle hazırlanan köpüğün  $\beta$ -kazein ve  $\beta$ -laktoglobülininden hazırlanan köpüklere oranla daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir [16]. Karboksimetil selüloz yardımıyla üretilen patates protein konsantresi yumurta akıyla karşılaştırıldığında daha yüksek köpük oluşturma ve köpük stabilize etme nitelikleri ortaya koymuştur [36]. Ultrafiltrasyon tekniğinin diafiltrasyon şeklinde uygulanmasıyla patates suyundan hazırlanan % 80-83 protein içerikli konsantrenin yumurta akına benzer bir köpürme kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir [40].

#### 4.3. Emülsiyon Oluşturma

Gıda emülsiyonları termodinamik açıdan kararlı olmayan su-yağ karışımlarıdır. Emülsiyonun oluşması ve stabilitesi dondurma, margarin ve mayonez gibi gıda sistemlerinde çok önemlidir. Proteinler, farklı yük ve polariteye sahip aminoasitler içerebilmektedir. Bu aminoasitler proteinlere, hidrofilik ve hidrofobik özellikleri bir arada içeren yüzey aktif madde niteliği kazandırmaktadırlar. Bu sayede proteinler gıda sistemlerinde hem yağ hem de su fazı ile etkileşime girebilmektedirler.

Patates protein izolatının peynir altı suyu proteinleri, kazein ve soya proteinlerinden daha iyi emülgatör özellik gösterdiği belirlenmiştir [14, 47]. Patatince zengin patates protein izolatıyla hazırlanan emülsiyonun hızla kümeleşme ve kaymak tabakası oluşturma eğilimi gösterdiği saptanmış ve bu durumun patatinin sahip olduğu lipaz aktivitesinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür [48]. Ultrafiltrasyon tekniğinin diafiltrasyon şeklinde uygulanmasıyla patates suyundan hazırlanan % 80-83 protein içerikli konsantrenin soya protein izolatına benzer bir emülsiyon oluşturma kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir [40]. Ticari olarak üretilen düşük moleküler ağırlıklı fraksiyon (temel olarak proteaz inhibitörü içermektedir) ve patatince zengin fraksiyon % 8 ve 16 yağ içeren dondurma üretiminde kullanılmış ve üretilen dondurmaların süt proteini kullanılarak üretilenler ile karşılaştırılabilecek niteliklerde olduğu belirlenmiştir [2].

#### 4.4. Jel Oluşturma

Jel, sıvı-katı arasında yer alan bir fazdır. Protein jelleri, protein zincirlerinin kısmi etkileşimi sonucunda suyun hapsedildiği üç boyutlu bir ağ yapısıdır. Proteinlerin jel oluşturma yetenekleri salam, sosis gibi et ürünlerinde önem taşımaktadır [43].

Patates protein izolatının jelleşmesinde disülfit bağlarının önemli olduğu belirtilmiştir [24]. Ancak patates proteinlerinin jelleşme özellikleri ile ilgili çok yetersiz veri bulunmaktadır. Patatince zengin fraksiyon ve düşük moleküler ağırlıklı fraksiyonun her ikisinin de belirli koşullar altında jel oluşturabildikleri belirlenmiştir. Patatince zengin fraksiyonun jelleşme niteliği ovalbümin ve  $\beta$ -laktoglobüline benzerlik göstermektedir [2]. Adsorpsiyon kromatografisi ile saflaştırılan patates proteinleri püskürterek, dondurarak ve akışkan yatakta kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuştur. Kurutma sonucu elde edilen protein konsantrasyonlarının % 80-85 oranında protein içerdiği ve jel oluşturma niteliklerinin yetersiz olduğu bildirilmiştir [41]. Ultrafiltrasyon tekniğinin diafiltrasyon şeklinde uygulanmasıyla patates suyundan hazırlanan % 80-83 protein içerikli konsantrasyonun jel stabilitesinin sodyum kazeinat, yumurta akı ve peynir altı suyu protein izolatına oranla daha düşük bir düzey gösterdiği belirlenmiştir [40]. Saflaştırılmış patatin  $\beta$ -laktoglobülin, ovalbümin ve glisinine oranla daha düşük konsantrasyonda jel oluşturmuştur. Patatinin % 6'lık çözeltisi jel oluşturabilirken diğer proteinler jel oluşturabilmek için % 8-11'lik bir konsantrasyona ihtiyaç göstermişlerdir. Bu durumun patatinin daha fazla oranda erişilebilir hidrofobik gruplara sahip olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Patatinin düşük konsantrasyonlarda jelleşebilmesi gıda uygulamalarında onun jel oluşturma maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir [49].

#### 5. BESİN DEĞERİ

Patates proteini özellikle aspartik asit ve glutamik asitçe zengin olup (toplam aminoasit içeriğinin % 30-50'sini oluştururlar) lösin, valin, alanin, lizin ve arjinin aminoasitlerini de önemli miktarlarda bulundurur. Sadece metionin ve histidin aminoasitlerini düşük düzeylerde içerir [50]. Patates proteini, bitkisel kaynaklı proteinler arasında lizin bakımından en zengin proteinlerden birisidir. Bu nedenle lizin bakımından yetersiz olan tahıl ürünlerinin lizince zenginleştirilmesinde patates proteinleri iyi bir seçenek konumundadır [6]. Kromatografik yöntemle üretilen patates protein izolatında tespit edilen bazı önemli aminoasitler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Patates protein izolatı ve fraksiyonlarının besin değeri patatesin toplam proteininden farklılık göstermektedir. Isıl denatürasyon ile üretilen protein izolatının % 76 gibi yüksek bir aminoasit skoruna sahip olduğu belirtilmiştir [51]. Fraksiyone patates protein izolatının (kromatografik yolla izole edilen büyük molekül ağırlıklı fraksiyon) protein etkinlik oranı (PER) ve biyolojik değeri Tablo 3'te sunulmuştur. Fraksiyone patates protein izolatı en yüksek biyolojik değere sahip olan yumurta proteinine yakın bir değer (0,99) göstermiştir [2].

**Tablo 2.** Patates ve diğer bazı protein izolatlarının önemli aminoasit içerikleri [2]

| Aminoasit (g/100 g protein)            | Patates Protein İzolatı | Peyniraltı Suyu Protein İzolatı | Yumurta Albümini | Kalsiyum Kazeinat | Soya Protein İzolatı |
|----------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Lizin                                  | 7,3                     | 10,2                            | 6,8              | 7,6               | 6,0                  |
| Dallanmış Aminoasitler                 | 22,0                    | 23,0                            | 20,0             | 19,0              | 17,0                 |
| Esansiyel Aminoasitler                 | 52,0                    | 51,0                            | 50,0             | 46,0              | 45,0                 |
| Kükürt İçeren Aminoasitler (Met + Cys) | 3,7                     | 5,1                             | 6,0              | 3,2               | 2,5                  |
| Aromatik Aminoasitler (Phe + Tyr)      | 11,6                    | 6,9                             | 9,7              | 10,4              | 8,9                  |

**Tablo 3.** Patates protein izolatının (kromatografik yolla izole edilen büyük molekül ağırlıklı fraksiyon) protein etkinlik oranı ve biyolojik değeri [2]

| Ürün                               | Protein Etkinlik Oranı | Biyolojik Değeri |
|------------------------------------|------------------------|------------------|
| Yumurta                            | 3,8                    | 1,0              |
| İnek Sütü                          | 3,1                    | 0,84-0,88        |
| Kazein                             | 2,9                    | 0,88             |
| Soya                               | 2,1                    | 0,77-0,84        |
| Buğday                             | 1,5                    | 0,59             |
| Fraksiyone patates protein izolatı | 2,3                    | 0,99             |

## 6. SONUÇ

Taze patates yumrusu % 1,5-4,0 oranında protein içermektedir. Ancak patates proteini, genellikle nişasta sanayiinin yan ürünü olarak ortaya çıkan ve takriben % 1,2 düzeyinde protein içeren sıvıdan üretilmektedir. Patates proteinleri, yaklaşık % 30-60 oranında patatinler, % 20-50 oranında proteaz inhibitörleri ve % 10-30 oranında diğer proteinler olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Patates proteinlerinin lizince zengin oldukları ve lizince fakir olan buğday ve ürünleri gibi gıda maddeleri için çok iyi bir lizin takviyesi olabileceği belirtilmiştir. Patates proteinlerinin besin değerinin kazeinden daha iyi ve yumurta akı proteinine ise yakın olduğu gösterilmiştir. Patates proteinlerinin yüksek verim, besin değeri ve işlevsel özelliklerde izole edilebilmesi için ısıtma işlemi, asit, metil alkol, etil alkol, izopropil alkol, aseton ve değişik tuzlarla çöktürme, karboksimetil selüloz ile kompleks oluşturma, ultrafiltrasyon ve kromatografi ile ayırma gibi birçok yöntem uygulanmıştır. Patates proteinlerinin fraksiyonlarına ayrılmadan saflaştırılması halinde agregasyona ve flokülasyona uğrayabileceği ve sonuçta elde edilen ürünün çözünürlüğünün düşük ve işlevsel özelliklerinin yetersiz olacağı vurgulanmıştır. Ultrafiltrasyon ve kromatografi gibi yöntemlerle üretilen patates proteinleri ısıtma işlemi ile üretilenlere göre daha yüksek çözünürlük, jelleşme, köpürme ve emülsifiye etme gibi işlevsel özelliklere sahip olabilmektedirler. Ancak proteaz inhibitörlerinin varlığı besin değerini olumsuz yönde etkilediğinden tüketime sunulan patates proteininin işlevsel özelliklerini kötüleştiren ısıtma işlemi tabii tutulması zorunlu olmaktadır. Bu nedenle işlevsel özelliklere zarar vermeden beslenme açısından sorunlu olan proteaz inhibitörlerini inaktif edecek ve toksik triglikoalkoloidleri uzaklaştıracak izolasyon yöntemleri geliştirilmesi doğrultusunda çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>, 2012.
- [2] ALTING, A.C., POUVREAU, L., GIUSEPPIN, M.L.F., VAN NIEUWENHUIJZEN, N.H., “Potato Proteins in Handbook of Food Proteins”, Woodhead Publishing Limited, UK, 2011.
- [3] SINGH, P., KUMAR, R., SABAPATHY, S.N., BAWA, A.S., “Functional and Edible Uses of Soy Protein Products”, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7, 14-28, 2008.
- [4] OGUNWOLU, S.O., HENSHAW, F., MOCK, H.P., SANTROS, A., AWONORIN, S., “Functional Properties of Protein Concentrates and Isolates Produced from Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Nut”, Food Chemistry, 115, 852–858, 2009.
- [5] MU, T.H., TAN, S.S., XUE, Y.L., “The Amino Acid Composition, Solubility and Emulsifying Properties of Sweet Potato Protein”, Food Chemistry, 112, 1002-1005, 2009.



- [6] PEKSA, A., KITA, A., KULAKOWSKA, K., ANIOŁOWSKA, M., HAMOUZ, K., NEMS, A., “The Quality of Protein of Coloured Fleshed Potatoes”, *Food Chemistry*, 141, 2960-2966, 2013.
- [7] VAN GELDER, W.M.J., VONK, C.R., “Amino Acid Composition of Coagulable Protein from Tubers of 34 Potato Varieties and Its Relationship with Protein Content”, *Potato Research*, 23, 427-434, 1980.
- [8] FRIEDMAN, M., “Chemistry, Biochemistry, and Dietary Role of Potato Polyphenols”, *J. Agric. Food Chem.*, 45, 1523-1540, 1997.
- [9] PARK, D.W., BLACKWOOD, C., MIGNERY, A.G., HERMODSON, A.M., LISTER, M.R., “Analysis of the Heterogeneity of the 40,000 Molecular Weight Tuber Glycoprotein of Potatoes by Immunological Methods and by NH<sub>2</sub>-Terminal Sequence Analysis”, *Plant Physiol.*, 71, 156-160, 1983.
- [10] POTS, A.M., GRUPPEN, H., HESSING, M., VAN BOEKEL, M.A.J.S., “Isolation and Characterization of Patatin Isoforms”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4587-4592, 1999.
- [11] ROMERO, A., BEAUMAL, V., DAVID-BRIAND, E., CORDOBÈS, GUERRERO, F., GUERRERO, A., ANTON, M., “Interfacial and Oil/Water Emulsions Characterization of Potato Protein Isolates”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 9466-9474, 2011.
- [12] RACUSEN, D., FOOTE, A., “A Major Soluble Glycoprotein of Potato Tubers”, *Journal of Food Biochemistry*, 1, 13-52, 1980.
- [13] PAIVA, E., LISTER, R.M., PARK, W.D., “Induction and Accumulation of Major Tuber Proteins of Potato in Stems and Petioles”, *Plant Physiol.*, 71, 161-168, 1983.
- [14] RALET, M.C., GUÈGUEN, J., “Fractionation of Potato Proteins: Solubility, Thermal Coagulation and Emulsifying Properties”, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 33, 380-387, 2000.
- [15] RACUSEN, D., WELLER, D.L., “Molecular Mass of Patatin, a Major Potato Tuber Protein”, *J. Food Biochem.*, 8, 103-107, 1984.
- [16] VAN KONINGSVELD, G.A., *Physico-chemical and Functional Properties of Potato Proteins*, Wageningen University, Thesis Dissertation, Wageningen, 2001.
- [17] POTS, A.M., DE JONGH, H.H.J., GRUPPEN, H., HESSING, M., VORAGEN, A.G.J., “The pH Dependence of the Structural Stability of Patatin”, *J. Agric. Food Chem.*, 46, 2546-2553, 1998.
- [18] ANDREWS, D.L., BEAMES, B., SUMMERS, M.D., PARK, W.D., “Characterization of the Lipid Acyl Hydrolase Activity of the Major Potato (*Solanum tuberosum*) Tuber Protein, Patatin, by Cloning and Abundant Expression in a Baculovirus Vector”, *Biochemical Journal*, 252, 199-206, 1988.
- [19] SCHERER, G.F.E., RYU, S.B., WANG, X.M., MATOS, A.R., HEITZ, T., “Patatin-related Phospholipase A: Nomenclature, Subfamilies and Functions in Plants”, *Trends Plant Sci.*, 15, 693-700, 2010.
- [20] PEYER, C., BONEY, P., STAUDACHER, E., “Purification and Characterization of  $\beta$ -xylosidase from Potatoes (*Solanum tuberosum*)”, *BBA-Proteins and Proteomics*, 1672, 27-35, 2004.
- [21] SHEWRY, P.R., “Tuber Storage Proteins”, *Annals of Botany*, 91, 755-769, 2003.
- [22] HEIBGES, A., SALAMINI, F., GEBHARDT, C., “Functional Comparison of Homologous Members of Three Groups of Kunitz-Type Enzyme Inhibitors from Potato Tubers (*Solanum tuberosum* L.)”, *Mol. Genet. Genomics*, 269, 535-541, 2003.
- [23] POUVREAU, L., GRUPPEN, H., PIERSMA, S.R., VAN DEN BROEK, L.A.M., VAN KONINGSVELD, G.A., VORAGEN, A.G.J., “Relative Abundance and Inhibitory Distribution of Protease Inhibitors in Potato Juice From cv. *Elkana*”, *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2864-2874, 2001.
- [24] POUVREAU, L., GRUPPEN, H., VAN KONINGSVELD, G.A., VAN DEN BROEK, L.A.M., VORAGEN, A.G.J., “Conformational Stability of the Potato Serine Protease Inhibitor Group (cv. *Elkana*)”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3191-3196, 2005.
- [25] BARTA, J., HERMANOVÁ, V., DIVIŠ, J., “Effect of Low-Molecular Additives on Precipitation of Potato Fruit Juice Proteins under Different Temperature Regimes”, *Journal of Food Process Engineering*, 31, 533-547, 2008.
- [26] WAGLAY, A., KARBOUNE, S., ALLI, I., “Potato protein isolates: Recovery and Characterization of Their Properties” *Food Chemistry*, 142, 373-382, 2014.
- [27] PRIGENT, S., *Interactions of Phenolic Compounds with Globular Proteins and Their Effects on Food-Related Functional Properties*, Wageningen University, Dissertation, Wageningen, 2005.
- [28] VAN KONINGSVELD, G.A., GRUPPEN, H., DE JONGH, H.J.H., WIJNGAARDS, G., VAN BOEKEL, A.J.S.M., WALSTRA, P., VORAGEN, G.J.A., “Effects of Ethanol on Structure and Solubility of Potato Proteins and the Effects of Its Presence during the Preparation of a Protein Isolate”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2947-2956, 2002.

- [29] GIUSEPPIN, M.L.F., VAN DER SLUIS, C., LAUS, M.C., “Native Potato Protein Isolates”, European Patent 1920662, 2008.
- [30] MIEDZIANKA, J., PEKSA, A., ANIOŁOWSKA, M., “Properties of Acetylated Potato Protein Preparations”, *Food Chemistry*, 133, 1283-1291, 2012.
- [31] MIEDZIANKA, J., PEKSA, A., “Effect of pH on Phosphorylation of Potato Protein Isolate”, *Food Chemistry*, 138, 2321-2326, 2013.
- [32] PASTUSZEWSKAA, B., TUSNIOA, A., TACIACA, M., MAZURCZYK, W., “Variability in the Composition of Potato Protein Concentrate Produced in Different Starch Factories—A Preliminary Survey”. *Animal Feed Science and Technology*, 154, 260-264, 2009.
- [33] PEKSA, A., RYTEL, E., KITA, A., LISIŃSKA, G., TAJNER-CZOPEK, A., “The Properties of Potato Protein”, *Potato: Food, Nutrition and Health. Food*, 3, 79-87, 2009.
- [34] GONZALEZ, J.M., LINDAMOOD, J.B., DESAI, N., “Recovery of Protein from Potato Plant Waste Effluents by Complexation with Carboxymethylcellulose”, *Food Hydrocolloids*, 4, 355-363, 1991.
- [35] VIKELOUDA, M., KIOSSEOGLOU, V., “The Use of Carboxymethylcellulose to Recover Potato Proteins and Control Their Functional Properties”, *Food Hydrocolloids*, 18, 21-27, 2004.
- [36] PARTSIA, Z., KIOSSEOGLOU, V., “Foaming Properties of Potato Proteins Recovered by Complexation with Carboxymethylcellulose”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 21, 69-74, 2001.
- [37] WILSON, D.J., CLARK, A.N., *Bubble Foam Separation in Waste Treatment*. In: Rousseau, R.W. (Ed.), *Handbook of Separation Process Technology*, Wiley, New York, USA, 1987.
- [38] WEIJENBERG, D.C., MULDER, J.J., DRINKENBURG, A.A.H., STEMERDING, S., “The Recovery of Protein from Potato Juice Waste Water by Foam Separation”, *Industrial and Engineering Chemistry Process Design and Development*, 17, 209-214, 1978.
- [39] LIU, Z., WU, Z., LI, R., FAN, X., “Two-Stage Foam Separation Technology for Recovering Potato Protein from Potato Processing Wastewater Using the Column with the Spiral Internal Component” *Journal of Food Engineering*, 114, 192-198, 2013.
- [40] ZWIJNENBERG, H.J., KEMPERMAN, A.J.B., BOERRIGTER, M.E., LOTZ, M., DIJKSTERHUIS, J.F., POULSEN, P.E., KOOPS, G.H., “Native Protein Recovery from Potato Fruit Juice by Ultrafiltration”, *Desalination*, 144, 331-334, 2002.
- [41] LØKRA, S., HELLAND, M.H. CLAUSSENC, I.C., STRÆTKVERNA, K.O., EGELANDSDAL, B., “Chemical Characterization and Functional Properties of A Potato Protein Concentrate Prepared by Large-Scale Expanded Bed Adsorption Chromatography”, *LWT*, 41, 1089-1099, 2008.
- [42] ANDERSSON, J., SAHOO, D., MATTIASSON, B., “Isolation of Potato Proteins Using Simulated Moving Bed Technology”, *Biotechnology and Bioengineering*, 101, 1256-1263, 2008.
- [43] KINSELLA, J.E., “Functional Properties of Soy Proteins”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56, 242-258, 1979.
- [44] BORUCH, M., MAKOWSKI, J., WACHOWICZ, M., DUBLA, W., “Rückgewinnung der Stickstoffverbindungen aus Kartoffelfruchtwasser”, *Die Nahrung*, 33, 67-76, 1989.
- [45] RALET, M. and GUEGUEN, J., “Foaming Properties of Potato Raw Proteins and Isolated Fractions”, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 34, 266-269, 2001.
- [46] JACKMAN, R.L., YADA, R.Y., “Functional Properties of Whey-Potato Protein Composite Blends in a Model System”, *Journal of Food Science*, 53, 1427-1432, 1988.
- [47] HOLM, F., ERIKSEN, S.J., “A New System for the Production of Starch and Protein from Potato”, *Starch*, 32, 258-262, 1980.
- [48] VAN KONINGSVELD, G.A., WALSTRA, P., VORAGEN, A.G.J., KUIJPERS, J.I., VAN BOEKEL, A.J.S.M., GRUPPEN, H., “Effects of Protein Composition and Enzymatic Activity on Formation and Properties of Potato Protein Stabilized Emulsions”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 6419-6427, 2006.
- [49] CREUSOT, N., WIERENGA, P.A., LAUS, M.C., GIUSEPPIN, M.L.F., GRUPPEN, H., “Rheological Properties of Patatin Gels Compared with  $\beta$ -lactoglobulin, Ovalbumin, and Glycinin”, *J. Sci. Food Agric.*, 91, 253-261, 2011.
- [50] MITRUS, J., STANKIEWICZ, C., STEC, E., KAMECKI, M., STARCZEWSKI, J., “The Influence of Selected Cultivation on the Content of Total Protein and Amino Acids in the Potato Tubers”, *Plant Soil Environmental*, 4, 131-134, 2003.
- [51] GRAF, A.M., “Entwicklung und Anwendung Prozesstechnischer und Analytischer Systeme zur Wertschöpfung Bioaktiver Inhaltsstoffe aus Kartoffeln”, *Universität Hannover, Dissertation, Hannover*, 2010.