



Soya Sütü Üretim Makinesi Parametrelerinin Optimizasyonu^A

GULİYEV Zakir Vagif oğlu^{1*}, ALİYEV Elman Muhtar oğlu²

Öz: Birçok araştırma sonucuna göre, soya fasulyesinin hayvan yemi olarak hazırlanmasının en ekonomik yolu, biyolojik değeri ve zenginliği bakımından inek sütünden geri kalmayan mayalı protein süspansiyonunun, diğer adıyla soya sütünün hazırlanmasıdır. Süt hayvancılığında yem rasyonlarına soya sütünün eklenmesiyle günlük süt veriminde %20'lik bir artış, genel süt yağ içeriğinde ise %3'lük bir artış gözlemlenir. Soya sütü katkılı yem rasyonlarına karbonhidratlarla zenginleştirilmiş katkı maddelerine ihtiyaç duyulmaz. Bu çalışmada, hayvancılık sektöründeki küçük ve orta ölçekli çiftçi işletmelerinin özelliklerini ve üretim taleplerini dikkate alan, verimliliği artıran soya bazlı yüksek protein içerikli yemin, soya sütünün, hazırlanması için kaynak tasarrufu sağlayan küçük boyutlu çok amaçlı bir soya sütü üreten makina tasarımı önerilmiştir. Önerilen soya sütü üretim makinesinin tekniği çözümü, ek akışların oluşturulması ile farklı hızlarla çeşitli akışlarda farklı bileşenlerin sürtünme ve kesme ile parçalanması, ortaya çıkan hidrolik darbe, karıştırma hızlarının gradyanlarının değiştirilmesi ve kavitasyon etkisiyle soya fasulyesinin parçalanma derecesinin ve ayrılan proteinlerin dispersiyon kalitesinin artırılması nedeniyle soya sütü üretiminin kalitesinin artırılması ve teknolojik sürecinin enerji yoğunluğunun azaltılmasından oluşur. Deneysel araştırmaların sonuçlarına göre, soya sütü işleme sırasında (soya fasulyesinin kırılması ve proteinlerin sıvıya ayrılması işlemi) ekstragente geçen en yüksek protein miktarının ($G = 23.404 - 23.675 \text{ gr}$) ve aynı zamanda sürecin optimal enerji tüketimi ile $N = 0.352 - 0.353 \text{ kW}$ gerçekleştirilmesi için rotorun dönüş hızının $\omega = 2190 - 2300 \text{ devir dakika}$ aralığında ve rotor diskinin üst yüzey üzerinde 90° merkezi açıyla yarıçap boyunca yerleştirilen kesici bıçaklar ve stator arasındaki mesafe $l = 2.029 - 2.625 \text{ mm}$ aralığında olmalıdır. Soya sütü işleme sürecinde soya fasulyesinin kırılması ve

^A Etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:**¹ Guliyev Zakir Vagif oğlu, "AGROMEKANİK" Bilimsel Araştırma Enstitüsü. Hayvancılıkta Teknolojik Süreçlerin Mekanizasyonu ve Otomasyonu Bölümü. Aziz Aliyev caddesi 93, Gence şehri, Azerbaycan Cumhuriyeti. +994519636997. E-mail: vaqifizz@gmail.com. **OrcID:** 0000-0001-6090-1853

² Aliyev Elman Muxta oğlu, "AGROMEKANİK" Bilimsel Araştırma Enstitüsü. Hayvancılıkta Teknolojik Süreçlerin Mekanizasyonu ve Otomasyonu Bölümü. Aziz Aliyev caddesi 93, Gence şehri, Azerbaycan Cumhuriyeti. +994553491820. E-mail: bozhan@gmail.com. **OrcID:** 0000-0001-5371-2667

proteinlerin ayrılması ile suya karıştırılması işlemine, rotor diskinin üst yüzey üzerinde 90° merkezi açıyla yarıçap boyunca yerleştirilen kesici bıçaklar ve stator arasındaki mesafenin güçlü bir etkisi gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji yoğunluğu, kırma elemanı, proteinlerin ayrılması, soya fasulyesi, soya sütü.

Optimization of Machine Parameters for Soy Milk Production

Abstract: According to the results of many studies, the most economical way to prepare soybeans as animal feed is the preparation of yeast protein suspension, also known as soy milk, which is no less than cow's milk in terms of biological value and richness. By adding soy milk to feed rations in dairy farming, a 20% increase in daily milk yield and a 3% increase in overall milk fat content is observed. There is no need for carbohydrate-enriched additives in feed rations supplemented with soy milk. In this study, a small-scale, multifunctional soy milk producing machine design has been proposed, taking into account the characteristics and production demands of small and medium-sized farmer enterprises in the livestock sector, aimed at increasing efficiency. This machine is designed to save resources for the preparation of soy-based high-protein feed, considering the needs of the livestock sector. The technical solution of the proposed soy milk production machine involves, creation of additional flows breaking down different components in various flows at different speeds through friction and cutting, resulting hydraulic impact, changing the gradients of mixing speeds, and the cavitation effect, involves improving the degree of soybean fragmentation and the dispersion quality of separated proteins, thereby enhancing the quality of soy milk production and reducing the energy intensity of the technological process. According to the results of experimental research, during soy milk processing (the process of breaking the soybeans and separating the proteins into liquid), the highest amount of protein ($G = 23.404 - 23.675 \text{ gr}$) is separated and mixed into water during the rotor's rotation in the range of $\omega = 2190 - 2300 \text{ rpm}$ revolutions per minute and the distance between the stator and the cutting blades placed along the radius at a 90° central angle on the upper surface of the rotor disk should be in the range of $l = 2.029 - 2.625 \text{ mm}$. At the same time this process is carried out with the optimal energy density of $N = 0.352 - 0.353 \text{ kW}$. In the breaking soybeans and separating proteins and mixing them with water, a strong effect of the distance between the stator and the cutting blades placed along the radius at a 90° central angle on the upper surface of the rotor disk was observed.

Keywords: Energy density, crushing element, separation of proteins, soybeans, soy milk.

Giriş

Kuşçuluk ve hayvancılık ürünlerinin üretiminin artırılması, yemlerin içeriğinde besin maddelerinin ve özellikle de protein bileşenlerin artırılmasıyla mümkündür. Yemlemede kullanılan temel yem bitkilerinin besin değerlerinin ve protein içeriğinin analizi, mineral maddeler, amino asitler ve bitki kökenli protein miktarı

bakımından soyanın fasulyesinin daha zengin bir kaynak olduğunu ve yem rasyonlarında soya kökenli proteinin daha verimli olduğunu göstermiştir. Soya, yaygın bir tarım bitkisi ve uygun işleme sonrasında saf halde veya neredeyse tüm tarım hayvanlarını beslemek için kullanılan karma yemlerde kullanılır. Diğer yem bitkileriyle karşılaştırıldığında, soya fasulyesinin temel avantajı, daha pahalı hayvan kökenli zülalin mükemmel bir analogu olan, içindeki proteinin daha ekonomik olmasıdır. Birçok araştırma sonucuna göre, soya fasulyesinin hayvan yemi olarak hazırlanmasının en ekonomik yolu, biyolojik değeri ve zenginliği bakımından inek sütünden geri kalmayan mayalı protein süspansiyonunun, diğer adıyla soya sütünün hazırlanmasıdır. Süt hayvancılığında yem rasyonlarına soya sütünün eklenmesiyle günlük süt veriminde %20'lik bir artış, genel süt yağ içeriğinde ise %3'lük bir artış gözlemlenir. Soya sütü katkılı yem rasyonlarına karbonhidratlarla zenginleştirilmiş katkı maddelerine ihtiyaç duyulmaz (Özgen, 1971; Barraquio ve van de Voort, 1988; Akbay ve Ak, 2018; Radchikov ve ark., 2019; Karasu, ve ark., 2002; Anaç ve Ertürk, 2003; Liu, 2004; Rudakov ve Rudakova, 2020; Fedko ve Bychenkova, 2021; Saydo ve Stepanov, 2022; Klasner ve ark., 2023).

Soya sütü elde edilmesine yönelik hatlara dahil edilen makine sayısı, teknolojik sürecin gereksinimlerine ve tasarım özelliklerine göre belirlenir. Akış hatlarının çalışma deneyimi, hatta ne kadar az makine varsa, o kadar kısa ve o kadar güvenilir olduğunu gösteriyor. Birçok teknolojik işlem için, çeşitli makineler kullanılabilir, bu nedenle, gerekli işlevsel bütünlüğü ve rekabet gücünü sağlayan optimal bir yapıya sahip bir üretim hattı varyantı geliştirir ve seçerler. Soya sütü için mevcut teknik ve teknolojik yöntemlerin analizi (Jiang ve ark., 2013; Azzahra, 2016; Tetra Pak, 2024; Yslfood, 2024; China-bridge, 2024; Ukragrofirm, 2024; Soybiz, 2024; Eurasia-group, 2024; Normit, 2024), seri üretilen metal aksamli makinelerin düşük verimlilikle kullanılmasına neden olan organizasyonel, teknik ve teknolojik eksikliklerden kaynaklanan sorunları ortaya koymuştur. Bu durum, küçük çiftlik işletmeleri için uygun olmayan bir koşul yaratmaktadır.

Bu nedenle, hayvancılık sektöründeki küçük ve orta ölçekli çiftçi işletmelerinin özelliklerini ve üretim taleplerini dikkate alan, verimliliği artıran soya bazlı yüksek protein içerikli yemin, soya sütünün hazırlanması için kaynak tasarrufu sağlayan teknolojilerin ana teknik süreçlerinin mekanizasyonu ve işçilik maliyetlerinin azaltılması için, küçük boyutlu çok amaçlı makinelerin geliştirilmesi ve işlenip hazırlanması önemli bir konudur. Tarım makineleri mühendisliği alanındaki bilim insanları ve uzmanlar, sütü üretiminin hem teknolojik süreci, hem de makinelerin ve cihazların tasarımlarının geliştirmeye yönelik sürekli çalışmalar yürütmektedirler. Soya sütünün kalitesini ve sürecin verimliliğini etkileyen ana teknolojik süreç, soya tanelerinin öğütülmesi ve ayrılan proteinlerin özütleyici içinde karıştırılmasıdır.

Örneğin, ana öğütme organı shaft üzerine monte edilmiş üç bıçaktan oluşan bir set olan, soyanın öğütülmesi, süspansiyonun karıştırılması, pastadan süt ekstraksiyonu ve pastörizasyon işlemleri gerçekleştiren bir soya sütü üretim tesis geliştirilmiştir. Tesis %88.16'lık optimum kurulum verimliliğine, 6 ila 12 saatlik soya fasulyesi ıslatma süresi ve karıştırma hızının 1000 ila 1400 devir dakika arasında olmasıyla ulaşılmıştır. Pastörizasyon, 84°C'de 30 saniye süresince gerçekleştirilmiştir (Gana ve Gbabo, 2018). Bu tesis kompakt ve yüksek verimliliğe sahip olmasına rağmen, teknolojik işlemler için ayrı tanklar kullanılmakta, bu da metal ve enerji yoğunluğunu artırmaktadır.

Ayrıca, soya sütü üretimi için bir teknoloji önerilmiştir ve bu teknolojinin temeli, yalnızca bir makina kullanarak, soyanın ince parçacıklara öğütülmesi, su ile karıştırılması, yüksek proteinli süspansiyonun sıvı (soya

sütü) ve katı (soya posası) fraksiyonlarına ayrılması gibi teknolojik işlemleri birleştiren bir sistemdir. Makinanın ana elemanı, sabit ve hareketli aşındırıcı disklerden oluşmaktadır. Soya öğütme işlemi, diskler arası alanda sıkıştırma, kayma ve aşındırma yoluyla gerçekleşir. Optimal verimliliğe, $\omega = 170 - 172$ rad saat dönüş hızında, aşındırıcı granülometrisi $Ra = 440 - 450 \mu m$ ve aşındırıcı diskler arasındaki boşluk $h = 3.9 - 4.2$ mm olduğunda elde edilmiştir (Frolov, 2015; Frolov, 2022; Frolov, 2023). Bu tesis, soyanın öğütülmesinde yüksek verimlilik göstermesine rağmen, sonraki teknolojik işlemleri gerçekleştirebilmek için ek tesislere ihtiyaç duyulmakta, bu da hem enerji tüketimini hem de iş gücü gereksinimini artırmaktadır.

Soya sütü üretimi için, tasarımları içinde kırma bloğu ve bazılarında karıştırma bloğunda bulunan tesisler geliştirilmiştir. Bu tesislerin ana çalışma organları, farklı hızlarla dönen kırıcı ve karıştırıcı şaftlardır, bu da soya üzerinde mekanik basınç oluşturarak onların yapılarının bozulmasına neden olur. Bu tesislerde, maksimum ekstraksiyon katsayısı %57.8'e kadar ulaşmakta ve kırma verimliliği %71.7'ye kadar çıkmaktadır. Kırma için şaftların dönüş hızı 923.264 devr dak'ya kadar ulaşırken, karıştırma ve sıkıştırma için bu hız 759.43 devr dak'a kadardır, motor gücü ise 1 ila 2 kW arasında değişmektedir (Ezurike ve ark., 2018; Faluyi ve ark., 2019; Yunus ve ark., 2021; Mangaraj ve ark., 2022).

Soya sütü üretim tesislerinin çoğunda, soya tanelerinin öğütülmesi, hareketli ve sabit diskler veya şaftlar arasındaki boşlukta sürtünme yoluyla gerçekleşir. Bu öğütme yöntemi, soya proteinlerinin salınımını en üst düzeye çıkaracak maksimum öğütmeyi ($\geq 1 mm$) imkansız hale getiriyor. Ayrıca, mevcut ve yeni geliştirilen tesisler, belirli işlemleri gerçekleştirmek için ek olarak ayrı bir işlem hacimleriyle donatılmaktadırlar. Bu dezavantajlar sonuçta ilave metal, enerji, üretim alanı tüketimine yol açmakta ve sürecin emek yoğunluğunu artırmaktadır.

Bu sorunun çözümü olarak, önceden ısıtılmış soya tanelerinin ince dispers bir duruma kadar öğütülmesini sağlayan ve böylece ekstrakta yüksek kaliteli protein çıkarılmasını destekleyen bir soya sütü üretim makinesi tasarımı öneriyoruz. Makina ayrıca ayrışan proteinlerin, yağların, minerallerin ve vitaminlerin ekstraktant içinde dağıtılmasının yanı sıra soya sütünün ısıl işleminden geçirilmesi ve filtrelenmesini de sağlamaktadır. Tüm bu işlemler tek bir işlem hacminde gerçekleştirilerek diğer hacmlere aktarma ihtiyacını ortadan kaldırarak teknolojik süreci önemli ölçüde basitleştirir ve verimliliğini artırır.

Önerilen soya sütü üretim makinesinde ek akışların oluşturulması ile farklı hızlarla çeşitli düzlemlerde farklı bileşenlerin sürtünme ve kesme ile parçalanması, ortaya çıkan basınç darbesi, karıştırma hızlarının gradyanlarının değiştirilmesi ve kavitasyon etkisiyle soyanın parçalanma derecesinin ve ayrılan proteinlerin dispersiyon kalitesinin artırılması nedeniyle soya sütü üretiminin kalitesinin artırılır ve teknolojik sürecinin enerji yoğunluğu azaltılır.

Materyal ve Yöntem

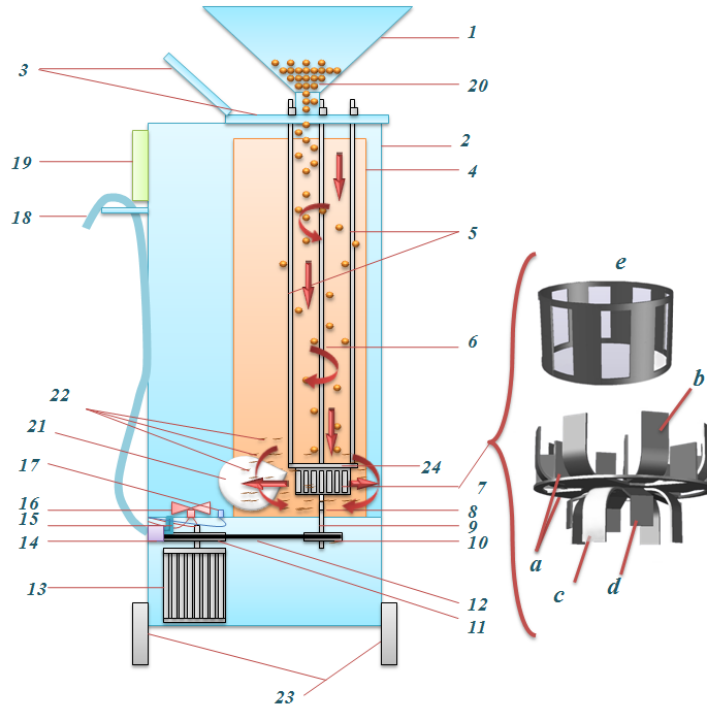
Tarafımızca geliştirilen soya sütü işleme makinesinin (Şekil 1) çalışma prensibi aşağıdaki gibidir.

Önceden temizlenmiş soya su ile 1 : 3 oranında karıştırılır, su içinde 12 - 14 saat bekletildikten sonra süzülür, şişmiş ve yumuşamış soya işleme gönderilir.

Elektrik şebekesine bağlandığında, bağlantı altıgen somunu (8), aktarma mekanizmasını kırma elemanına bağlayan şaft (9), tahrik edilen kasnak (10), tahrik eden kasnak (11), kayış (12) ve elektrik motorundan (13) oluşan aktarma mekanizması şaft (6) üzerinden kırma elemanını (7) döner harekete geçirir. Kırma elemanı, işlem hacminin (2) kapağına (3), destek milleri (5) aracılığıyla bağlanmıştır.

Kırma elemanı (7), destek millerine (5) bağlı, ürünün girişine yönelik deliklere sahip destek disk (24) üzerine monte edilmiş olan ve yan duvarlar boyunca radyal olarak yerleştirilmiş deliklere sahip stator (e) ile şaft (6) üzerine monte edilmiş bir disk şeklindeki rotor (a) içerir. Rotor, ürünün girişine yönelik deliklere sahip olup, üst yüzeyinde türbülans akışı oluşturmak için radyal olarak yerleştirilmiş kanatlar ve 90° açılı sekiz kesici bıçak (b) bulunur. Alt yüzeyinde ise radyal olarak yerleştirilmiş dört adet 45° açılı (c) ve dört adet 90° açılı (d) kesici bıçak bulunmaktadır. En etkili çalışma bölgesi, rotor ile stator arasındaki boşluktur, bu boşluğun asıl görevi parçacıkların hızlanmış hareketine katkıda bulunan koşulları oluşturmaktır. Rotorun (a) dönmesi sırasında, bu boşlukta büyük kayma gerilmeleri ortaya çıkar. Rotor diskinin üst ve alt yüzeylerinde yerleştirilen kesici bıçaklar, mekanik temas yoluyla sıvı heterojen ortam üzerinde etki yaparak kesme ve kayma kuvvetleri oluşturur.

Makina çalıştırıldıktan sonra işlem hacmi 2, teknolojik gereksinimlere uygun miktarda su ile doldurularak 55 - 65 °C'ye ısıtılır, ardından ısıtılıp şişmiş ve yumuşamış soya yükleme hunisinden (1) işlem hacmine (2) boşaltılır. Rotorun (a) döner hareketi sırasında, suyu ve soyanı merkeze çeken güçlü bir vakum oluşur. Bu sırada oluşan güçlü türbülans akışı sonucunda, ileri - geri hareket eden soyalar çarpışarak belirli bir dereceye kadar deformasyona uğrar ve parçalanır, ardından alt kesme bıçaklar (c, d) tarafından küçük parçacıklara ayrılır. Su ile karışan bu parçacıklar, rotor diskinin (a) üzerindeki deliklerden üst yüzeyine iletilir ve burada kesici bıçaklar (b) tarafından yan duvarlar boyunca radyal olarak yerleştirilmiş deliklere sahip statora (e) bastırılarak ek olarak ovalanır ve kesilerek öğütülürler.



1 – yükleme hunisi; 2 – işlem hacmi; 3 – kapak; 4 – içi boş silindirik metal - plastik örgülü bir filtre; 5 – des-tek milleri; 6 – kırma elemanı şaftı; 7 - kırma elemanı(a - yarıçap boyunca kanatçıklara sahip disk şeklinde bir rotor; b – üst kesme bıçak, 90°; c - alt kesme bıçak, 90°; d - alt kesme bıçak, 45°; e - stator); 8 – bağlantı altıgen somunu; 9 – şaft; 10 - tahrik edilen kasnak; 11 - tahrik eden kasnak; 12 - kayış; 13 – elektrik motoru; 14 – iletim pompası; 15 – boşaltıcı boru; 16 – ısıtma elemanı; 17 – ısı regülatörü; 18 - hortum; 19 – kontrol ünitesi; 20 – soya fasulyesi; 21 – soya sütü; 22 – atıklar; 23 – tekerlekler; 24 – destek diski.

Şekil 1. Soya sütü üreten makinanın tasarım - teknolojik şeması.

Rotor (a) dönerken, kesici bıçaklar (b) statorun (e) yan duvarları boyunca radyal olarak yerleştirilmiş delikleri kapattığında, karışım (soya parçacıkları, ayrılmış protein ve su) statorun (e) deliklerine yalnızca rotor ile stator arasındaki radyal boşluktan geçen transit akışla iletilir ve rotor içindeki basınç artar. Kesici bıçaklar (b) ile statorun (e) delikleri arasındaki boşluk tamamen hizalandığında ise, basınç kısa sürede düşer ve bunun sonucunda statorun (e) deliklerine aşırı bir basınç darbesi yayılır ve hemen ardından kısa süreli düşük (negatif) basınç darbesi oluşur. Stator (e) deliklerindeki karışımın akış hızı bir değişkendir. Stator (e) deliklerine giren karışım hacmi, oranı terk etme eğilimi gösterir ve atalet kuvvetleri karışımında çekme gerilimleri yaratarak kaviteye neden olur. Bu süreçte, basıncın işlenen sıvının belirli bir sıcaklıktaki doygun buhar basıncına kadar düşmesiyle oluşan kavite baloncukları büyür ve stator (e) deliklerindeki basınç arttığında onlar çöker veya titreşir. Kavite baloncuklarının bir kısmı statordan (e) işlem hacmine (2) taşınır ve stator (e) deliklerindeki karışımın akış hızı dalgalandığı için, akış gelişmiş bir turbulanslık kazanmaktadır. Rotor dönmesi sırasında, rotor ile stator arasındaki radyal boşlukta büyük kayma gerilimleri ortaya çıkar. Rotor diskinin (a) üst yüzeyinde yerleştirilen kesici bıçaklar (b), mekanik temas yoluyla sıvı heterojen ortam üzerinde etki yaparak kesme ve

kayma kuvvetleri oluşturur. Bunun sonucunda oluşan yüksek dereceli hidrolik kayma, karışımın yüksek hızda delikler aracılığıyla başlıktan dışarı boşalmasına neden olur ve bu sırada, parçacıklar deliklerin kenar uçları ile kesici bıçaklar arasında sıkışarak daha küçük parçacıklar halinde deliklerden çıkarılır. Çalışma süreci sırasında oluşan türbülanslı akış, işlem hacminde (2) döngülü bir akış oluşturur, bunun sonucunda oluşan hidrolik basınç nedeniyle sıvı ve soya parçacıkları döngü hareket ile tekrar tekrar kırma elemandan (7) geçirilir ve oldukça yüksek bir incelik derecesine kadar parçalanır (parçalama modülü 0.65 – 1.1 mm'dir), ayrılan yağlar, proteinler, vitaminler ve mineraller, küçük parçacıklarla birlikte ekstraktan rolünü oynayan su ile karıştırılıp homojen bir hal alana kadar karıştırılırlar.

Elde edilen karışım bir ısıtma elemanı (16) aracılığıyla 15 - 20 dakika karıştırılarak 95°C'ye pastörize edilir, ardından karıştırılarak 30 - 45 °C'ye soğutulur. Sonda, işlem hacminin (2) kapağına (3) destek milleri (5) ile tutturulmuş kırma elemanı (7) çıkarılır ve elde edilen soya sütü, işlem hacminin (2) içinde bulunan içi boş silindirik metal - plastik örgülü filtrenin (4) kademeli olarak çıkarılmasıyla, soya parçacıklarından ayrılır. Bu sırada kütle şeklinde olan soya parçacıkları, metal - plastik örgülü filtrenin (4) içinde ve soya sütü ise işlem hacminin (2) içinde kalır. Monte edilen tekerlekler (23) sayesinde makine hareketlidir. Çalışma süreci kontrol ünitesi (19) aracılığıyla otomatik olarak kontrol edilir.

Deney sırasında, geliştirilen kırma elemanı kullanılarak soya fasulyesinin öğütülmesi ve ayrılan proteinlerin su ile karıştırılması sürecini incelemek ve değerlendirmek, sürece etki eden en önemli faktörleri belirlemek ve makinenin temel parametrelerini optimize etmek hedeflenmiştir.

Optimizasyonun amacı, geliştirilen kırma elemanının yapısal ve çalışma parametrelerinin en uygun kombinasyonunu bulmak, böylece soya sütü üretiminin daha yüksek kaliteyle ve minimum enerji tüketimiyle gerçekleştirilmesini sağlamaktır.

Bulgular ve Tartışma

Prosesi Etkileyen En Önemli Faktörlerin ve Onların Optimal Göstergelerinin

Belirlenmesi

Optimizasyon kriterleri olarak, ekstragente geçen protein miktarı ($Y_1 - G$), (gr) ve sürecin enerji tüketimi ($Y_2 - N$), (kW) kabul edilmiştir.

Önsel bilgilerin ve araştırma çalışmalarının analizi, en önemli faktörlerin aşağıdaki faktörler olduğunu göstermiştir: rotor dönüş hızı ($\omega - X_1$), (devr/dakika) ve rotor diskinin (a) üst yüzeyinde 90° açıyla bulunan bıçaklar (b) ile stator (e) arasındaki mesafe, ($l - X_2$), (mm). Faktörlerin değişim düzeyleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Faktörler ve Değişim Seviyeleri

Faktörler	x_1	x_2
Alt seviye, (X= -1)	1900	2
Ana seviye, (X)	2300	3
Üst seviye, (X= 1)	2700	4
Varyasyon seviyeleri	400	1

Deneyin sonuçları Çizelge 2'de sunulmuş olup, veri işlemleri gerçekleştirilmiş ve matematiksel modeller oluşturulmuştur. Deneysel araştırmaları sürecinde, iki optimizasyon kriteri arasında bir uzlaşma problemi çözülmüştür: ekstragente geçen protein miktarı ($Y_1 - G$) ve sürecin enerji tüketimi ($Y_2 - N$).

Çizelge 2. Matris

No	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	x_1^2	x_2^2	y_1	y_2
1	+	+	+	+	+	+	22.57	0.387
2	+	-	+	-	+	+	22.9	0.326
3	+	+	-	-	+	+	22.22	0.322
4	+	-	-	+	+	+	23.12	0.383
5	+	+1.414	0	0	+2	0	21.37	0.357
6	+	-1.414	0	0	+2	0	21.7	0.301
7	+	0	+1.414	0	0	+2	21.02	0.313
8	+	0	-1.414	0	0	+2	23.98	0.327
9	+	0	0	0	0	0	23.28	0.352
10	+	0	0	0	0	0	23.39	0.356
11	+	0	0	0	0	0	23.17	0.353
12	+	0	0	0	0	0	23.71	0.354
13	+	0	0	0	0	0	23.44	0.350
$\sum 13$							$\sum 295.87$	$\sum 4481$

Deney sonuçlarına göre faktörlerin etkisinin değerlendirilmesini doğrulamak için, kodlanmış biçimde aşağıdaki forma sahip olan ikinci dereceden regresyon denklemleri hesaplanmıştır:

ekstragente geçen protein miktarı için, ($Y_1 - G$), (gr) (Denklem 1):

$$y_1 = 23.404 - 0.2126 \cdot x_1 - 0.507 \cdot x_2 + 0.1425 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0.760 \cdot x_1^2 - 0.278 \cdot x_2^2, \quad (1)$$

sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW) (Denklem 2):

$$y_2 = 0.353 + 0.0099 \cdot x_1 - 0.0015 \cdot x_2 + 0.0305 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0.0045 \cdot x_1^2 - 0.0089 \cdot x_2^2, \quad (2)$$

Elde edilen sonuçların önemliliği Cochran's Q - testkriteri ile, yeterlilik hipotezini ise Fisher F - test kriteri ile kontrol edildi:

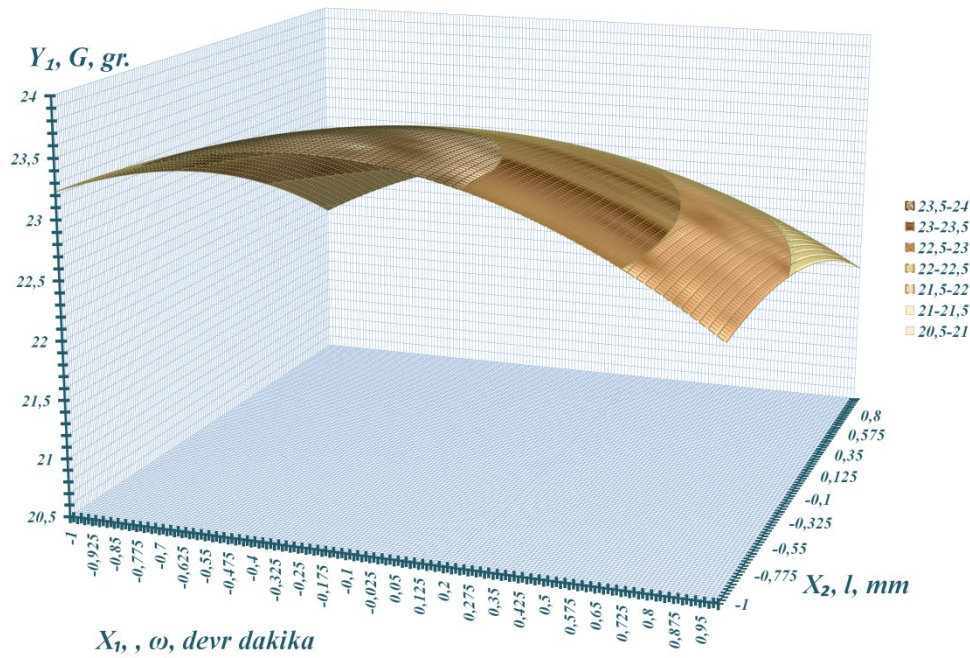
ekstragente geçen protein miktarı için, ($Y_1 - G$), (gr):

$$Q_{hesap} = 0.054 < Q_{tablo} = 0.7679; F_{hesap} = 5.85 < F_{tablo} = 18.51$$

sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW):

$$Q_{hesap} = 0.59 < Q_{tablo} = 0.7679; F_{hesap} = 7.94 < F_{tablo} = 18.51$$

Ekstragente geçen protein miktarı ($Y_1 - G$), (gr) ve sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW) karakterize eden regresyon denklemlerine (Denklem 1) ve (Denklem 2) göre, aynı zamanda bu göstergeler incelenen faktörler için, ($\omega - X_1$) ve ($l - X_2$), optimum değerlerinin belirlenmesine olanak tanıyan yanıt yüzeyleri oluşturulmuştur (Şekil 2, 3).



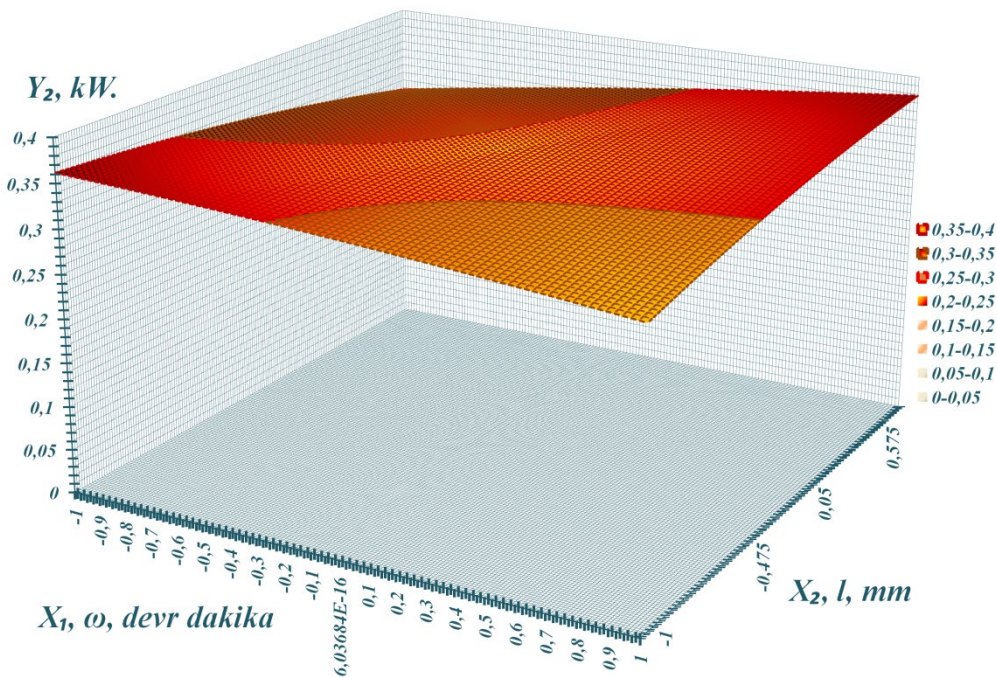
Şekil 2. ($\omega - X_1$) ve ($l - X_2$) bir fonksiyonu olarak ekstragente geçen protein miktarı ($Y_1 - G$), (gr) grafiği

Grafikten de görülebileceği gibi (Şekil 2), ($\omega - X_1$) ve ($l - X_2$) değişken faktörleri arasında ters bir korelasyon bulunmaktadır. Dolayısıyla, bıçaklar ve stator arasındaki mesafedeki değişim ($l - X_2$), ekstragente geçen protein miktarını ($Y_1 - G$) önemli ölçüde etkileyerek doğrusal bir bağımlılık gösteriyorsa, rotor hızındaki değişimin ($\omega - X_1$) yalnızca göreceli bir etkisi vardır ve doğrusal olmayan bir bağımlılık gösterir. Rotorun dönme hızı ($\omega - X_1$) arttıkça ve kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafe ($l - X_2$) azaldıkça, parçacıkların statorun iç yüzeyi boyunca hareket yolu uzar ve bu onların aşındırma etkisini artırır. Ara mesafenin ($l - X_2$) azalmasıyla parçacıklar arasındaki etkileşim artar, bu da sürtünme katsayısının yükselmesine ve kesme, burulma ve bükülme gibi karmaşık deformasyonların ortaya çıkmasına neden olur. Bu, soyanın daha iyi bir şekilde

öğütülmesine ve ekstragente geçen protein miktarının ($Y_1 - G$) artmasına katkı sağlar. Bununla birlikte, her iki faktörün aynı anda artırılması veya azaltılması durumunda, sürecin verimliliği ve ekstragente geçen protein miktarı düşer.

Grafiksel bağımlılıkların analizi (Şekil 2), ekstragente geçen protein miktarının maksimum değeri (Y_1), $G = 23 - 24$ gr. aralıkta olduğu durumda, rotorun dönüş hızının $X_1 = -1 \div 0.7$ ($\omega = 1900 - 2580$ devr dakika) aralığında ve kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafenin $X_2 = -1 \div 0.55$ ($l = 2 - 3.55$ mm) aralığında olduğu zaman elde edildiğini göstermektedir.

Rotor dönüş hızı ($\omega - X_1$) ve kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafe ($l - X_2$) değişken faktörlerinin sürecin enerji tüketimi ($Y_2 - N$) üzerindeki etkisi farklılık göstermektedir (Şekil 3). Eğer rotor dönüş hızındaki ($\omega - X_1$) değişimin sürecin enerji tüketimine ($Y_2 - N$) etkisi doğrusal bir karaktere sahipse, kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafenin ($l - X_2$) değişimi ise doğrusal olmayan bir bağımlılık göstermektedir. Kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafenin artması enerji yoğunluğuna daha orantılı bir etki gösterirken, rotorun dönme hızının artması enerji tüketiminde çok daha keskin bir şekilde artışa neden olur.



Şekil 3. ($\omega - X_1$) ve ($l - X_2$) bir fonksiyonu olarak sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW) grafiği

Grafiksel bağımlılıkların analizi (Şekil 3), sürecin minimum enerji tüketiminin ($Y_2 - N$) $N = 0.297$ kW olduğu ve bunun, rotorun dönüş hızının $X_1 = -1$ ($\omega = 1900$ devr dakika) ve kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafe $X_2 = 1$ ($l = 4$ mm) olduğunda elde edildiğini göstermektedir. Sürecin maksimum enerji

tüketiminin ise $(Y_2 - N)$, $N = 0,3785$ kW olarak rotorun dönüş hızının $X_1 = 1$ ($\omega = 2700$ devr dakika) ve bıçaklar ile stator arasındaki aynı mesafede $X_2 = 1$ ($l = 4$ mm) olduğunda gözlemlenmektedir.

İncelenen faktörlerin, rotor dönüş hızı ($\omega - X_1$) ve kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafenin ($l - X_2$) sürecin enerji tüketimi ($Y_2 - N$) üzerindeki etkisi ters orantılı bir karakter göstermektedir. Her iki faktörün değerinin aynı anda artırılması durumunda enerji tüketimi ($Y_2 - N$) artır, ancak ekstragente geçen protein miktarı ($Y_1 - G$) azalır. Bunun nedeni, parçacıkların aşınma görevi gören stator yüzeyi boyunca hareket yolunun uzamasına rağmen, parçacıklar ve statorun iç yüzeyi arasındaki etkileşimin azalması, sürtünme katsayısının azalması ve karmaşık deformasyonların (kesme, burulma, bükülme) zayıflamasıdır. Aksine, bu faktörlerin tersine değişiminde - ($\omega - X_1$) değerinin artırılması ve ($l - X_2$) değerinin azaltılması — enerji tüketimini ($Y_2 - N$) artırırsa da, aynı anda ekstragente geçen protein miktarı ($Y_1 - G$) artır. Bu, parçacıkların aşınma görevi gören stator yüzeyi boyunca hareket yolunun uzaması ve onların sıkıştırılması nedeniyle etkileşimlerinin yoğunlaşması, bunun da sürtünme katsayısının artmasına ve karmaşık deformasyonların (kesme, burulma, bükülme) meydana gelmesine yol açması ile açıklanmaktadır.

Deneyssel araştırmalar sürecinde, iki optimizasyon kriteri arasında, ekstragente geçen protein miktarı için, ($Y_1 - G$) ve sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), bir denge sağlamak amacıyla uzlaşma problemi çözülmüştü. Bu amaçla, sıfıra eşitlenen her bir faktör için kısmi türevleri temsil eden diferansiyel denklem sistemlerini çözerek soya sütü üretim sürecinde incelenen faktörlerin değerlerini optimize ediyoruz. Bu diferansiyel denklemler, regresyon denklemleri (Denklem 1) ve (Denklem 2) için şu şekilde görünmektedir (Denklem 3) ve (Denklem 4):

ekstragente geçen protein miktarı için, ($Y_1 - G$), (gr):

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dx_1} = -2 \cdot 0.760 \cdot x_1 + 0.1425x_2 - 0.2126 = 0; \\ \frac{dy_1}{dx_2} = 0.1425 \cdot x_1 - 2 \cdot 0.278x_2 - 0.507 = 0. \end{cases} \quad (3)$$

sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW):

$$\begin{cases} \frac{dy_2}{dx_1} = -2 \cdot 0.0045x_1 + 0.0305x_2 + 0.0099 = 0; \\ \frac{dy_2}{dx_2} = 0.0305x_1 - 2 \cdot 0.0089x_2 - 0.0015 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Çizelge 3. Faktörlerin optimal değerleri

Faktör	Faktörün değeri			
	kodlaşdırılmış		koddan açıldığında	
	($Y_1 - G$), (gr)	($Y_2 - N$), (kW)	($Y_1 - G$), (gr)	($Y_2 - N$), (kW)
($\omega - X_1$), devr dakika	$x_1 = -0.231$	$x_1 = -0.169$	$\omega = 2207.6$	$\omega = 2232.4$
($l - X_2$), mm	$x_2 = -0.971$	$x_2 = -0.375$	$l = 2.029$	$l = 2.625$

Alınan denklemler sistemi (Denklem 3) ve (Denklem 4), Cramer yöntemi kullanılarak çözülerek faktörlerin optimal değerleri belirlenmiştir. Optimal değerler hem kodlanmış şekilde hem de kodlama açıldıktan sonra Çizelge 3'de gösterilmiştir.

(Denklem 1) ve (Denklem 2) denklemlerinde x_1 ve x_2 değerleri, kodlanmış formdaki faktörlerin optimal değerleri ile değiştirilir, bu da ekstragente geçen protein miktarı (Y_1) için $G = 23.675$ gr ve sürecin enerji tüketimi (Y_2) için $N = 0.352$ kW optimal göstergelerini elde etmemizi sağlar.

İkinci dereceden uygun matematiksel modelin elde edilmesinin ve yanıt yüzeyinin merkez koordinatlarının belirlenmesinin ardından, bu yüzeyin etrafındaki özellikleri inceliyoruz. Bu amaçla, $x_1 - x_2$ koordinat sisteminin başlangıcını figürün merkezine taşıyoruz. Koordinat sisteminin figürün merkezine paralel olarak kaydırılması (Denklem 1) ve (Denklem 2) denklemlerinde mevcut olan doğrusal terimlerin kalkmasına yol açarken, diğer terimlerin katsayıları değişmeden kalır ve serbest değişkenlerin göstergelerinin değişmesine neden olur. Sonuç olarak denklemler (Denklem 1) ve (Denklem 2) aşağıdaki formu alır::

ekstragente geçen protein miktarı için, ($Y_1 - G$), (gr):

$$y_1 = 23.675 + 0.1425 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0.760 \cdot x_1^2 - 0.278 \cdot x_2^2, \quad (5)$$

sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW):

$$y_2 = 0.352 + 0.0305 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0.0045 \cdot x_1^2 - 0.0089 \cdot x_2^2, \quad (6)$$

Faktörler arasındaki çift yönlü etkileşimi ortadan kaldırmak için koordinat sisteminin başlangıcı tek bir noktaya taşınır ve bu noktada koordinat ekseninin dönme açısı belirlenir:

ekstragente geçen protein miktarı için, ($Y_1 - G$), (gr):

$$\alpha = -8^\circ 15'$$

sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW):

$$\alpha = 20^\circ 35'$$

Daha sonra, kanonik formda regresyon katsayıları belirlenir ve sonuç olarak denklemler (Denklem 5) ve (Denklem 6) kanonik formda aşağıdaki şekli alır (Denklem 7) ve (Denklem 8):

ekstragente geçen protein miktarı için, ($Y_1 - G$), (gr):

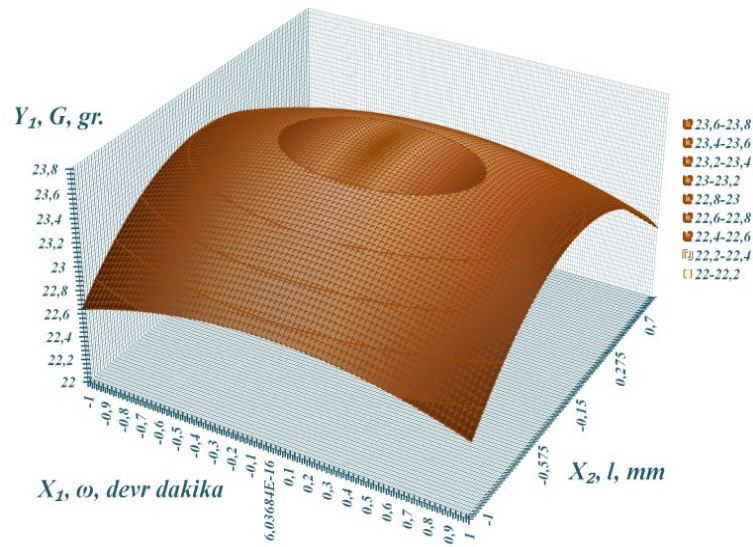
$$Y - 23.675 = -0.279 \cdot X_1^2 - 0.759 \cdot X_2^2 \quad (7)$$

sürecin enerji tüketimi için, ($Y_2 - N$), (kW):

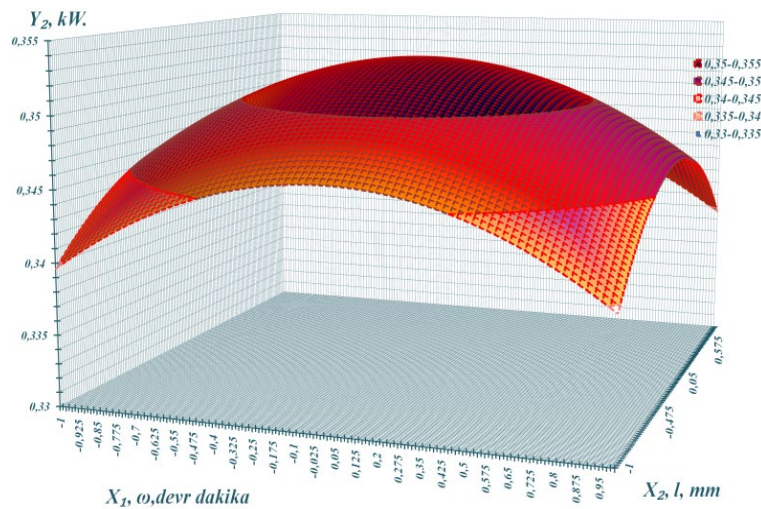
$$Y - 0.352 = -0.00674 \cdot X_1^2 - 0.00666 \cdot X_2^2 \quad (8)$$

(Denklem 7) ve (Denklem 8) içindeki bilinmeyen terimlerin katsayılarının aynı işarete sahip olması nedeniyle, bu denklemler elips denklemleri olarak tanımlanır. Optimizasyon kriterinde farklı değerler yerine koyarak, optimum nokta yüzeyini oluşturan elipsin kontur çizgilerinin denklemlerini elde ederiz (Şekil 4 ve 5).

Optimum nokta yüzeyleri (Şekil 4 ve 5), net bir şekilde belirgin bir optimum alanı göstermektedir. Bu alan, soya sütü işleme sürecinde minimum enerji tüketimiyle maksimum protein verimini sağlayan faktörleri belirlemeye olanak tanır. Bu durumda, fonksiyonun koşullu optimumu, yüzeyin merkezinde yer alan tek bir nokta olarak ortaya çıkar ve süreci etkileyen faktörlerin en uygun kombinasyonu hakkında görsel bir fikir verir. Optimum nokta yüzeyinin grafik analizi, her bir özel durum için faktörlerin optimum göstergelerini belirlemeye olanak tanır.



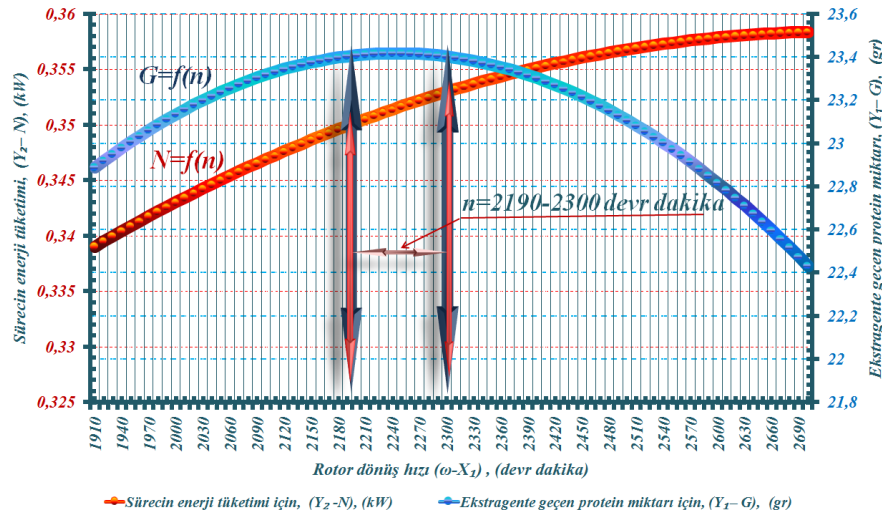
Şekil 4. $(\omega - X_1)$ ve $(l - X_2)$ bir fonksiyonu olarak ekstragente geçen protein miktarı $(Y_1 - G)$, (gr) grafiği



Şekil 5. $(\omega - X_1)$ ve $(l - X_2)$ bir fonksiyonu olarak sürecin enerji tüketimi $(Y_2 - N)$, (kW) grafiği

Soya Sütü İşleme Sürecinde Rotorun Dönüş Hızının ve Kesici Bıçaklar İle Stator Arasındaki Mesafenin, Ekstragente Geçen Protein Miktarı ve Sürecin Enerji Tüketimi Üzerine Etkileri

Deneyisel araştırma sonuçlarının analizi (Şekil 6), ekstragente geçen protein miktarı optimum göstergelerine, $G = 23.404 - 23.675$ gr., ulaşmak için, rotor dönüş hızının $\omega = 2190 - 2300$ devir dakika aralığında olması gerektiğini göstermiştir. Bunun temel nedeni, parçacıkların aşınma görevi gören stator yüzeyi boyunca hareket yolunun uzamasıdır. Aksi takdirde, rotorun düşük dönme hızı, ıslatılmış soya fasulyelerinin yeterince küçük boyutlara kadar öğütülmesini imkansız hale getirir ve bu da proteinlerin tam olarak ayrılmasını engeller. Sürecin enerji tüketimi, belirtilen rotor dönüş hızında $N = 0.352 - 0.353$ kW'lık optimum aralıkta bulunuyordu. Rotorun dönme hızının $\omega = 2300$ devir dakika üzerine çıkarılması, ekstragente geçen protein miktarı üzerinde hiçbir olumlu etki yapmamış, çünkü proteinlerin mekanik etki yoluyla ayrılmasının artık mümkün olmamış ve bu sadece sürecin enerji tüketimini artırmasına yol açmıştır.



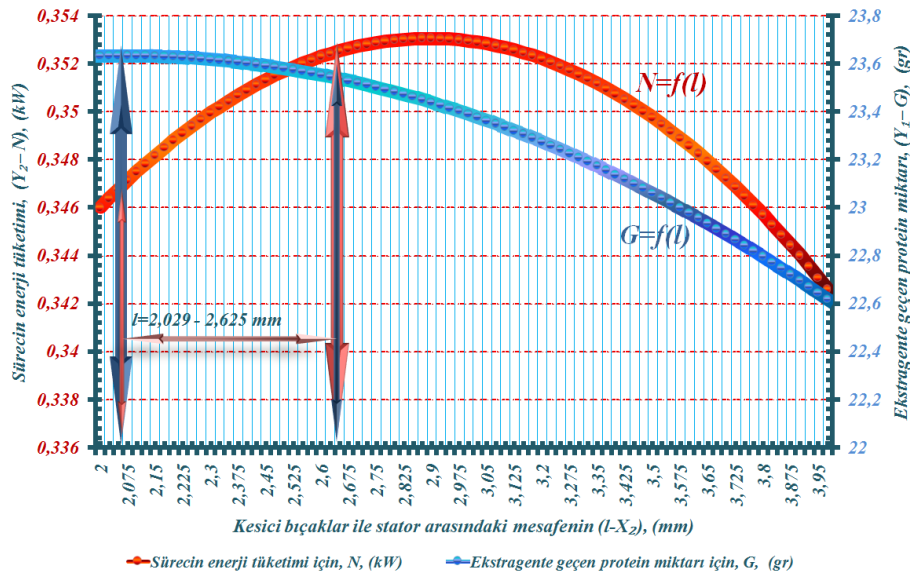
Şekil 6. Ekstragente geçen protein miktarının G , (gr) ve sürecin enerji tüketiminin N , (kW) rotor dönme hızına ω , (devir dakika) bağımlılığının grafiği

Deneyisel araştırma sonuçlarına göre, soya sütü üretimi sürecinde, soya fasulyelerinin yeterince küçük boyutlara kadar öğütülmesi ve ekstragente geçen protein miktarı üzerinde, stator ile bıçaklar arasındaki mesafe l , (mm) önemli bir etkiye sahiptir (Şekil 7).

Ekstragente geçen proteinin optimal miktarı, $G = 23.404 - 23.675$ gr. aralığında, stator ile bıçaklar arasında olan $l = 2.029 - 2.625$ mm. mesafede gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, parçacıkların aşındırıcı bir yüzey görevi gören statorun iç yüzeyi boyunca yoğunlaşması ve birbirine sıkışması sonucunda sürtünme katsayısının artması ile karmaşık deformasyonların (kesme, burulma, bükülme) ortaya çıkmasıdır. Bu, parçacıkların hem statorun iç

yüzeyiyle hem de birbirleriyle temas alanının artmasıyla ilişkilidir. Böylece, parçacıkların kırılma (sürtünme ve parçalanma) kalitesi artar ve ekstragente geçen protein miktarı seviyesi de artar. Bu durumda sürecin enerji tüketimi $N = 0.352 - 0.353$ kW aralığında tespit edilmiştir.

Stator ile bıçaklar arasında olan mesafenin l (mm) artmasıyla sürecin enerji tüketimi N (kW) ve ekstragente geçen protein miktarında G (gr) azalma gözlenmektedir. Bunun temel nedeni, parçacıkların hem stator iç yüzeyi boyunca, hem de birbirleriyle temas alanının azalması sonucunda karşılıklı etkileşimlerle sürtünme katsayısının azalmasıdır. Bu da, parçacıkların kırılma derecesini ve ekstragente geçen protein miktarı seviyesini önemli ölçüde azaltır.



Şekil 7. Ekstragente geçen protein miktarının G , (gr) ve sürecin enerji tüketiminin N , (kW) kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafesine l , (mm) bağımlılığının grafiği

Sonuç

Geliştirdiğimiz kompakt ve çok fonksiyonlu makina, hayvancılık alanındaki küçük ve orta ölçekli çiftliklerin özelliklerini ve üretim ihtiyaçlarını dikkate alan, soya bazlı yüksek protein içeriğine sahip yem (soya sütü) üretimi için tasarlanmıştır.

Önerilen soya sütü üretim makinesinin teknik çözümü, ek akışların oluşturulması ile farklı hızlarla çeşitli düzlemlerde farklı bileşenlerin sürtünme ve kesme ile parçalanması, ortaya çıkan basınç darbesi, karıştırma hızlarının gradyanlarının değiştirilmesi ve kavitasyon etkisiyle soyanın parçalanma derecesinin ve ayrılan proteinlerin dispersiyon kalitesinin artırılması nedeniyle soya sütü üretiminin kalitesinin artırılması ve teknolojik sürecinin enerji yoğunluğunun azaltılmasından oluşur.

Yapılan deneyler sonuçlarına göre, soya sütü üretimi sürecinde, ekstragente geçen maksimum protein miktarının ($G = 23.404 - 23.675$ gr) ve sürecin optimum enerji tüketiminin ($N = 0.352 - 0.353$ kW), rotorun

dönüş hızının $\omega = 2190 - 2300$ devir dakika aralığında olduğu ve kesici bıçaklar ile stator arasındaki mesafenin $l = 2.029 - 2.625$ mm aralığında olduğu durumda elde edilmektedir.

Ekstraktan maksimum protein verimi üzerinde, rotor diskinin üst yüzeyinde 90° açıyla bulunan bıçaklar ile stator arasındaki mesafe önemli bir etkiye sahiptir.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Akbay, K. C., ve Ak, İ. 2018. Karma yem teknolojisindeki gelişmelerin karma yem kalitesine ve yem değerine etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 32 (2): 175 - 188.
- Anaç, H., ve Ertürk, Y. E. 2003. Soya fasulyesi. *Tarımsal Ekonomi Arastırma Enstitüsü Dergisi*, 2, 6: 1 - 4.
- Azzahra F. 2016. Gıda sanayiinde soyanın kullanım olanaklarının araştırılması. Yüksek Lisan Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Bursa.
- Barraquio, V. L., and van de Voort, F. R. 1988. Milk and soy proteins: their status in review. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 21: 477 - 493.
- China - bridge. Soy milk and tofu curd production line. <http://www.china-bridge.ru/wp-content/uploads/2020/07/liniya-tvoroga-tofu.pdf>. (Erişim tarihi: 30. 10. 2024)
- Ezurike, B. O., Osazuwa, O. J., Okoronkwo, C. A., and Okoji, K. I. 2018. Design, construction and performance evaluation of a flat screen hammer mill machine. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 10(6): 683–690. doi: 10.1080/20421338.2018.1491675
- Eurasia - group. Soy Milk Making Machine. <https://eurasia-group.ru/catalog/oborudovanie/oborudovanie-dlya-pishchevoy-promyshlennosti/oborudovanie-dlya-pererabotki-soi/stanok-dlya-proizvodstva-soevogo-moloka-fet-fd7022/>. (Erişim tarihi: 30. 10. 2024)
- Faluyi M. O., Opadoja D., and Adedoyin R. A. 2019. Design and Fabrication of Soya Milk Extracting Machine. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 8(09): 17 – 22. doi: 10.17577/IJERTV8IS090009
- Fedko E. A., and Bychenkova V. V. 2021. Comparative analysis of soy milk and animal - based milk. *Innovations. Science. Education*, 34: 504 – 514.

- Frolov V. Yu., Klasner G. G., Kuznetsov V. I., and Alikhadzhiev T. A. 2023. Development and theoretical justification of the design of a grain grinding device in soaked form. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, (194): 203-212. doi: 10.21515/1990-4665-194-018.
- Frolov, V. Yu., Sysoyev D. P., and Klasner G. G. 2015. Optimization of parameters of a soaked soybean grain grinder. *Agricultural Mechanizer*, (3): 24 - 25. EDN TUHANF.
- Frolov V. Yu., Klasner G. G., Kuznetsov V. I., Kremyanskiy V. F., and Pashinskiy V. S. 2022. Experimental justification of the yield of soya protein in the extractant when grinding soya grain in soaked form. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, (181): 382-397. doi: 10.21515/1990-4665-181-028.
- Gana, I.M., and Gbabo, A. 2018. Design of mini plant for soya milk production and pasteurization. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(4): 45 – 53. URL: www.cigrjournal.org. (Erişim tarihi: 10. 10. 2024)
- Jiang, S., Cai, W. and Xu, B. 2013. Food Quality Improvement of Soy Milk Made from Short-Time Germinated Soybeans. *Foods (Basel, Switzerland)*, 2(2), 198–212. doi:10.3390/foods2020198
- Karasu, A., Öz, M., ve Göksoy, A.T. 2002. Bazı soya fasulyesi [*Glycine max* (L.) Merrill] geşitlerinin Bursa koşullarına adaptasyonu konusunda bir çalışma. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 16(2): 25- 34
- Klasner, G. G., Kuznetsov, V. I. and Zhigaylov, F. Yu. 2023. Theoretical studies on the process of preparing high-protein soy-based feeds for livestock and poultry. *Multidisciplinary Online Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*, (186), 21-30. doi: 10.21515/1990-4665-186-003
- Liu, K. 2004. Soybeans as Functional Foods and Ingredients (1st ed.). *AOCS Publishing*. doi: 10.1201/9781003040286
- Mangaraj Sh., Sharma V. M., Nishad P., and Thakur R. R. 2022. Optimization of the performance of an automated/continuous pilot scale soymilk plant for medium and small-scale entrepreneurs. *Journal of Food Processing and Preservation*, (46)12: 1 – 18. doi:10.1111/jfpp.17099.
- Normit. 2024. Industrial soy cow Veggie milk MH120. <https://normit.ru/component/zoo/item/ustanovka-dlya-proizvodstva-makovogo-moloka>. (Erişim tarihi: 30. 10. 2024)
- Özgen, H. 1971. Soya Proteininin Etvetvlerde Büyüme Üzerine Etkisi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(01): 42 -49.
- Radchikov V. F., Kot A. N., Tsai V. P., and Pilyuk S. N. 2019. Raising calves using whole milk replacers with different amounts of milk sugar. *Bulletin of the Gorsky State Agrarian University*. 56(3): 53 - 58.
- Rudakov O. B., and Rudakova L. V. 2020. Chemistry of soy milk. *Milk Processing*, 11(253): 48 - 50.
- Saydo, Khomus and K. M. Stepanov. 2022. Method for obtaining soymilk powder using freeze dehydration. *Journal of Agriculture and Environment*, 3(23). doi: 10.23649/jae.2022.3.23.01.
- Soybiz. 2024. Set of equipment for the production of feed soy milk SKK-500. <http://soybiz.chat.ru/okorm60.htm>. (Erişim tarihi: 30. 10. 2024)

- Tetrapak. 2024. Best - practice line for traditional extracted soya beverages. Tetra Pak, Protects What's Good are trademarks belonging to the Tetra Pak Group. <https://www.tetrapak.com/content/dam/tetrapak/media-box/global/en/processing/processing-categories/beverage/soy/documents/bpl-traditional-extracted-soya-line-single-equipment.pdf>. (Erişim tarihi: 30. 10. 2024).
- Ukragrofirm. 2024. Method for obtaining soy milk at the farm "Ukraine" in the Caucasus region. <https://ukragrofirm.com/ru/home/>. (Erişim tarihi: 30. 10. 2024)
- Yslfood. 2024. Soya Sütü Üretim Hattı (Soya Sütü Makinesi). Yung Soon Lih Food Machine Co., Ltd. <https://www.yslfood.com/tr/category/A0104.html>. (Erişim tarihi: 30. 10. 2024)
- Yunus, Arsana M., Drastiawati N. S., Ningsih, and E. 2021. Designing and fabrication of integrated soybean machine (3 in 1 Process) to optimize tempe producers productivity. *International Joint Conference on Science and Engineering (IJCSE 2021). Advances in Engineering Research*, (209): 1 – 6. doi: 10.2991/aer.k.211215.001