

PASTÖRİZE LİKİT YUMURTA ÜRETİM PLANI OPTİMİZASYONU

Murat KOCAMAZ*, Ural Gökay ÇİÇEKLİ**

ÖZET

Üretim planlama; hammadde, ürün ve makine kısıtları arasındaki ilişkiler karmaşıklaştığında zor bir optimizasyon problemi haline gelmektedir. Çalışma kapsamında, belirli üretim kısıtları altında likit yumurta üretim planı optimize edilmektedir. Problemin çözümünde, uygulamada karşılaşılan kısıtların göz önüne alındığı "Genelleştirilmiş İndirgenmiş Gradyenler" temelli bir üretim planı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model kapsamında ortaya çıkan üretim planı, ürün karmasının yapısını ve makinelerdeki yumurta kırım planlarını içermektedir. Kapasite, kırım oranı, briks değeri, makine kullanım oranı, sıvı oranı ve ihtiyaç duyulan ürün kısıtları altında toplam üretim miktarının maksimize edilmesi hedefi doğrultusunda elde edilen sonuçlar çalışmada verilmektedir.

Anahtar Sözcükler: *Optimizasyon, Doğrusal Olmayan Programlama, Üretim Planlama, Genelleştirilmiş İndirgenmiş Gradyenler*

OPTIMIZATION FOR PRODUCTION PLANNING OF LIQUID EGG

ABSTRACT

Production planning becomes a difficult optimisation problem when the relationship between material, product and machine constraints is complicated. In this study, liquid egg production plan was optimized under specific production constraints. As a solution to the problem, a "Generalized Reduced Gradient"-based production planning model is developed, which considers the constraints encountered in real-life practice. The results yielded in the study in accordance with the objective of maximizing the total production under the constraints of capacity, breaking ratio, brix value, machine utilization ratio, liquid ratio and required product, are presented.

Keywords: *Optimization, Nonlinear Programming, Production Planning, Generalized Reduced Gradient*

*Ege Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Bornova, İzmir, E-posta: murat.kocamaz@ege.edu.tr

**Ege Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Bornova, İzmir, E-posta: gokay.cicekli@ege.edu.tr

GİRİŞ

Problemler sahip oldukları amaç fonksiyonları ve kısıtlarına göre doğrusal veya doğrusal olmayan fonksiyonlar ile ifade edilmektedir. Problemlerin fonksiyon yapılarına göre programlama modeline karar verilmektedir. Doğrusal programlama, karar verici doğrusal bir amaç fonksiyonu kurarak, doğrusal kısıtlar altında modeli optimize etmeyi hedeflemektedir (Ulucan, 2004: 245). Fakat gerçek hayat problemleri, sürekli değişkenlere sahip doğrusal yapı göstermemektedir (Rardin, 1998: 131). Doğrusal yapıya sahip olmayan bu tür problemlerde doğrusal olmayan programlama modelleri kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan programlama problemleri, optimizasyon yaklaşımı gerektiren mühendislik, karar verme ve sanayi uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Üretim süreçleri girdi ve çıktı arasındaki ilişkiye göre analitik ve sentetik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Analitik sistem hammaddeleri ayrıştırarak yeni ürünler elde ederken, sentetik sistem ise hammaddelerin birleşiminden tek ürün elde etmektedir (Boone ve Kurtz, 2010: 359). Likit yumurta (liquid egg product – LEP); yumurtanın kabuğundan ayrılarak, bütün yumurta, ayrılmış sarı, ayrılmış ak ya da belirli bir karışım şeklinde pazarlanmasıdır (Prochaska, Carey ve Shafer, 1996: 1268). Likit yumurta üretim sürecinde de kabuklu yumurta tek girdi olarak kullanılıp farklı ürünler elde edilmektedir. Analitik yapı gösteren bu tip üretim, elde edilecek ürünlerin özelliklerine uygun karışımların yapılmasını gerektirmektedir. Makine kısıtları, kırım oranları, girdi kısıtları ve üretim hedefleri göz önünde bulundurulduğunda doğrusal olmayan bir yapıya sahip olan likit yumurta üretim planı optimizasyonu oldukça zor hale gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı kısıtlar dahilinde likit yumurta üretim planını optimize etmektir. Geliştirilen model kapsamında ortaya çıkan üretim planı, ürün karışımının yapısını ve makinelerdeki yumurta kırım planlarını içermektedir.

OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Optimizasyon, problemdeki faydaları maksimize etmek ve kayıpları azaltmak amacıyla, farklı alternatifler arasından en iyi sonucu seçme sanatıdır (Fahim ve Helmy, 2012: 1). Bu çalışmada, doğrusal olmayan programlama yapısına sahip likit yumurta üretim planlaması optimizasyonu için genelleştirilmiş indirgenmiş gradyanlar (Generalized Reduced Gradient - GRG) yöntemi kullanılmıştır.

Pastörize Likit Yumurta Üretim Planı Optimizasyonu

GRG algoritmasının, uygulama açısından, tekrarlamalı doğrusallaştırma kullanan genel algoritmalar içerisinde en iyilerinden biri olduğu bilinmektedir (Su ve Lii, 1995: 181). Bazı karşılaştırmalı çalışmalara göre, GRG yöntemi en iyi deterministik yerel optimizasyon yöntemlerinden biridir (Kao, 1998: 807). Kısıtların yer aldığı uygulanabilir optimizasyon yöntemlerinden birisi olan GRG, teknolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmakta ve önemli bir rol oynamaktadır (Mouatasim, 2010: 2).

GRG algoritması fikri ilk olarak kısıtlı türev kavramının formüle edilmesiyle ortaya çıkmış ve geliştirilerek indirgenmiş gradyen yöntemi adıyla kullanılmaya başlanmıştır (Sharma ve Glemmestad, 2013: 1134). Problem boyutlarını azaltmayı amaçlayan indirgenmiş gradyen yöntemi, doğrusal kısıtlı doğrusal olmayan programlama problemini çözebilmek amacıyla Wolfe (1963) tarafından geliştirilmiştir. Abadie ve Carpentier doğrusal olmayan kısıtları ele almak üzere GRG yöntemini genelleştirmişlerdir (Bazaraa, Sherali ve Shetty, 2006: 602).

GRG yöntemi, eşitlik kısıtları kullanarak değişkenlerin ortadan kaldırılmasını amaçlamaktadır (Yeniay, 2005: 167). GRG yönteminin çözüm yaklaşımı, tüm kısıtları karşılarken amaç fonksiyonu içinde daha iyi bir yön bulma amacı taşımaktadır (Faluyi ve Arum, 2012: 305).

Basit indirgeme gerektiren Armijo satır aramalar (Lee, Chen ve Kang, 2004: 27; Sun ve Yuan, 2006: 509) kullanan GRG, optimizasyon yöntemlerini doğrusal durumdan doğrusal olmayan duruma genişletmeye çalışmaktadır (Mouatasim, 2010: 5). GRG algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir (Edgar ve Himmelblau, 1989; Su ve Lii, 1995):

Adım 1: X_I bağımsız değişkenlerin vektörü ve X_D bağımlı değişkenlerin vektörü olarak tanımlanmaktadır. Aşama k da, mümkün olan X^k noktasındaki kısıtlamalar doğrusallaştırılır ve indirgenmiş gradyeni hesaplanır.

$$(g_R^k)^T = \left[\frac{\partial f^k}{\partial X_I^k} \right]^T - \left[\frac{\partial f^k}{\partial X_D^k} \right]^T \left[\frac{\partial h^k}{\partial X_D^k} \right]^{-1} \left[\frac{\partial h^k}{\partial X_I^k} \right]$$

Adım 2: Bağımsız değişkenler için arama bileşenleri belirlenir.

Adım 3: Bağımlı değişkenler için arama bileşenleri belirlenir.

Adım 4: Amaç fonksiyonu değeri geliştirilir.

Adım 5: Bağımlı değişkenleri olanaklı hale getirmek için Newton yöntemi kullanılır.

Adım 6: Süreç, ε_i büyüklüğü x_i ölçeğine bağlı olan küçük bir sayı olduğu yerde $|\Delta_i^k| < \varepsilon_i$, $i = 1, \dots, n$, koşulunun sağlanıp sağlanmadığını

kontrol ederek adım 4'ten sonra sonlanır. Son olarak X_D ve X_I 'den uygun x^* sonucu elde edilir.

PROBLEMİN TANIMLANMASI

Likit yumurta üretimi yapılan bir firmada gerçekleştirilen optimizasyon çalışmasında, iki farklı tip makinede kırılımı yapılan yumurtalardan yumurta bütünü, yumurta sarısı, yumurta akı ve yumurta melanjı olmak üzere 4 farklı yarı mamul elde edilmektedir. Bu yarı mamuller farklı oranlarda karıştırıldıktan sonra pastörize edilerek ürünlere dönüştürülmektedir. Elde edilen 4 farklı üründen, yumurta bütünü, yumurta akı ve yumurta sarısı kutular halinde, endüstriyel yumurta bütünü ise 1 tonluk tanklarda satılmaktadır. Endüstriyel yumurta bütünü müşterinin isteğine göre farklı briks değerlerinde üretilebilirken kutulu ürünlerin briks oranları değişmemektedir. Çalışma kapsamında ele alınan problemde; kapasite, kırım oranı, briks değeri, makine kullanım oranı, sıvı oranı ve ihtiyaç duyulan ürün kısıtları doğrultusunda toplam likit yumurta üretim miktarının maksimize edilmesi amaçlanmaktadır.

Problem Kısıtları

Makine kapasite kısıtı. Üretim tesisinde bulunan 2 makine, kırım kapasiteleri ve kırım kabiliyetleri açısından farklılık göstermektedir. Makine 1 yumurtayı sadece bütün olarak kırabilmekte, makine 2 ise yumurtayı bütün veya istendiğinde sarısı ve akı olarak ayırabilmektedir. Bu koşullar altında günlük makine kırım kapasitelerini (Cd_{mi}) kilogram (kg) cinsinden hesaplamak için her iki makineye ait günlük çalışma saatleri (H_{mi}), kg verimlilikleri (E_{mi}) ve kg cinsinden saatte kırabilecekleri maksimum yumurta ağırlıkları (Ch_{mi}) gerekmektedir. Makine 2 için yumurtanın bütün kırılması veya ayrıştırılarak kırılmasında herhangi bir kapasite değişikliği yaşanmamaktadır.

Tablo 1: Makine Kapasite Kısıtları

	Makine 1	Makine 2
Günlük Çalışma Saati	H_{m1}	H_{m2}
Verimlilik	E_{m1}	E_{m2}
Saatlik Kırma Kapasitesi	Ch_{m1}	Ch_{m2}

Makinelerin günlük kapasite kısıtı;

$$Cd_{mi} = H_{mi} * E_{mi} * Ch_{mi} \quad (1)$$

Pastörize Likit Yumurta Üretim Planı Optimizasyonu

Yumurta kırım oranları. Yumurtalar makine 2 tarafından bütün olarak kırılmak yerine ayrıştırıldığında ortaya sadece yumurta sarısı ve akı çıkmamaktadır. Ayrıştırma sürecinden kaynaklanan kalite kaybı ile toplam yumurta ağırlığının bir kısmı yumurta sarısı (ey) ve akının (ew) karışık olarak geldiği melanj ürün (em) olarak ayrıştırılmaktadır. Bu oranlar yalnızca makine 2'de oluşmakta, makine 1'de yumurta akı, sarısı ve melanji ayrıştırılmamaktadır.

Tablo 2: Yumurta Kırım Oranları

	Oran
Yumurta Sarısı Oranı	R_{ey}
Yumurta Akı Oranı	R_{ew}
Yumurta Melanji Oranı	R_{em}

Briks kısıtı. Kuru maddeler, suda çözünür kuru madde ve çözünmeyen kuru madde olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Büyük molekülü maddeler suda çözünmeyen, küçük molekülü bazı maddeler ve bazı vitaminler ise suda çözünen kuru maddelerdir. Alman Matematikçi Adolf Ferdinand Wenceslaus Brix sakaroz oranları hakkında çalışırken yaptığı geliştirmeler ile suda çözünen kuru madde oranına Briks ismini vermiştir (Kimball, 1991: 8). Pastörize yumurta üretiminde, gerek ürünlerin gerekse girdilerin briks değerleri ürün kalitesini ve özelliğini belirleyen temel değerlerden biridir. Ürünlere ait briks değerlerinin (Br) alabilecekleri alt (Br_{min}) ve üst (Br_{max}) oranlar, endüstriyel yumurta bütünü (ie), yumurta bütünü (e) ve yumurta sarısı (ey) için değişiklik göstermektedir.

Tablo 3: Girdi ve Ürün Briks Değerleri

Girdiler		
x_i değişkenleri için briks değeri = Br_i ($i = 1, \dots, n$)		
Ürünler	Br_{min}	Br_{max}
Endüstriyel Yumurta Bütünü	$Br_{min,ie}$	$Br_{max,ie}$
Yumurta Bütünü	$Br_{min,e}$	$Br_{max,e}$
Yumurta Sarısı	$Br_{min,ey}$	$Br_{max,ey}$

Makine 1 girdisi kısıtları. Ürünlerin içinde yer alan yumurtaların makine 1'den gelme oranı alt ($M1_{min}$) ve üst ($M2_{max}$) değerlerle sınırlanmaktadır. Gerek maliyet gerekse kalite arttırma hedefiyle yapılan bu oran kısıtları endüstriyel yumurta bütünü (ie) ve yumurta bütünü (e) için farklılaşmaktadır. Yumurta sarısı ve yumurta akı ürünleri yalnızca

Murat Kocamaz ve Ural Gökay Çiçekli

makine 2 tarafından üretilebildiği için buna benzer bir kısıt oluşmamaktadır.

Tablo 4: Makine 1 Girdisi Oranı

Ürünler	$M1_{min}$	$M1_{max}$
Endüstriyel Yumurta Bütünü	$M1_{min,ie}$	$M1_{max,ie}$
Yumurta Bütünü	$M1_{min,e}$	$M1_{max,e}$

Sıvı oranı kısıtı. Ürünlerin içinde yer alan sıvı oranlarının (Lq) briks değerleri üzerinde yaratacakları etki göz önüne alındığında yumurta bütünlüğü için alt (Lq_{min}) ve üst (Lq_{max}) sınırının tanımlanması gerekmektedir. Yumurta sarısı ve yumurta akı ürünlerinde ise sıvı kullanımı olmamaktadır.

Tablo 5: Sıvı Oranı

Ürünler	Lq_{min}	Lq_{max}
Endüstriyel Yumurta Bütünü	$Lq_{min,ie}$	$Lq_{max,ie}$
Yumurta Bütünü	$Lq_{min,e}$	$Lq_{max,e}$

Üretim miktarı kısıtı. Planlama dönemi içinde, kesinleşmiş ürün taleplerinin karşılanması modelin bir diğer kısıtını oluşturmaktadır. Planlama döneminde ürünlere ait istenilen alt (P_{min}) ve üst (P_{max}) değerler kg cinsinden girilebilmekte, sonrasında ise genel üretim hedefi tanımlanmaktadır. Bu genel üretim hedefleri toplam üretim miktarını maksimize etmek olabileceği gibi, kalan kapasiteyle yalnızca bir ürünü maksimize etmek de olabilir.

Tablo 6: Üretim Miktarı (Kg)

Ürünler	P_{min}	P_{max}
Endüstriyel Yumurta Bütünü	$P_{min,ie}$	$P_{max,ie}$
Yumurta Bütünü	$P_{min,e}$	$P_{max,e}$
Yumurta Sarısı	$P_{min,ey}$	$P_{max,ey}$
Yumurta Akı	$P_{min,ew}$	$P_{max,ew}$

Değişkenler

Model kapsamında girdileri oluşturan birçok değişken yer almaktadır. Bu değişkenler makine 1 ve makine 2'den gelen yumurta bütünü, akı, sarısı ve melanji yanında aynı zamanda bunların hangi makineden geldiğini de ifade etmektedir. Ayrıca ürünlere girecek sıvı miktarları da değişken olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda oluşturulan

Pastörize Likit Yumurta Üretim Planı Optimizasyonu

değişken listesi ve bu değişkenlerin açıklamaları aşağıda kg cinsinden verilmektedir.

- x_1 = "End. Yumurta Bütünü" için makine 1 den gelen bütün yumurta miktarı
 x_2 = "End. Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen bütün yumurta miktarı
 x_3 = "End. Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen yumurta sarısı miktarı
 x_4 = "End. Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen yumurta akı miktarı
 x_5 = "End. Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen melanj yumurta miktarı
 x_6 = "End. Yumurta Bütünü" için sıvı miktarı
 x_7 = "Yumurta Bütünü" için makine 1 den gelen bütün yumurta miktarı
 x_8 = "Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen bütün yumurta miktarı
 x_9 = "Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen yumurta sarısı miktarı
 x_{10} = "Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen yumurta akı miktarı
 x_{11} = "Yumurta Bütünü" için makine 2 den gelen melanj yumurta miktarı
 x_{12} = "Yumurta Bütünü" için sıvı miktarı
 x_{13} = "Yumurta Sarısı" için makine 2 den gelen bütün yumurta miktarı
 x_{14} = "Yumurta Sarısı" için makine 2 den gelen yumurta sarısı miktarı
 x_{15} = "Yumurta Akı" için makine 2 den gelen yumurta akı miktarı

MODELİN KURULMASI

Her bir ürünü oluşturan ürün reçeteleri değişkenler bazında aşağıda ifade edilmektedir. Üretim miktarları, o üründe kullanılan girdilerin kg toplamlarından hesaplanmaktadır.

$$\text{"Endüstriyel Yumurta Bütünü" Toplam Kg} = \sum_{i=1}^{n=6} x_i \quad (2)$$

$$\text{"Yumurta Bütünü" Toplam Kg} = \sum_{i=7}^{n=12} x_i \quad (3)$$

$$\text{"Yumurta Sarısı" Toplam Kg} = x_{13} + x_{14} \quad (4)$$

$$\text{"Yumurta Akı" Toplam Kg} = x_{15} \quad (5)$$

Üretim probleminin amaç fonksiyonu, mevcut kısıtlar altında, üretilebilecek maksimum çıktıyı sağlamaktır. Modellemede kullanılan amaç fonksiyonu aşağıda verilmektedir.

Modelde kullanılacak amaç fonksiyonu aşağıdaki denklemde verilmektedir.

$$\text{Maks } Z = \sum_{i=1}^{n=15} x_i \quad (6)$$

Modele ilişkin kısıt seti aşağıda sırasıyla verilmektedir.

$$x_1 + x_7 \leq Cd_{m1} \quad (7)$$

$$\sum_{i=2}^{n=5} x_i + \sum_{i=8}^{n=11} x_i + \sum_{i=13}^{n=15} x_i \leq Cd_{m2} \quad (8)$$

Murat Kocamaz ve Ural Gökay Çiçekli

Makinelere ait kapasite kısıtları 7 ve 8 numaralı denklemlerde verilmektedir. Buna göre 7 numaralı denklemde makine 1'den gelen bütün yumurta kısıtı, 8 numaralı denklemde ise kalan diğer değişkenlere ait kısıtlar toplam kg cinsinden sağlanmaktadır.

$$x_3 + x_9 + x_{14} = R_{ey} * (x_3 + x_4 + x_5 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{14} + x_{15}) \quad (9)$$

$$x_4 + x_{10} + x_{15} = R_{ew} * (x_3 + x_4 + x_5 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{14} + x_{15}) \quad (10)$$

$$x_5 + x_{11} = R_{em} * (x_3 + x_4 + x_5 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{14} + x_{15}) \quad (11)$$

9, 10 ve 11 numaralı denklemler yumurta kırımı sonrası ortaya çıkan yumurta sarısı, yumurta akı ve yumurta melanji miktarlarını ifade etmektedir. Bu kısıtlara göre ürünler içine girebilecek yarı mamuller kg cinsinden tanımlanmaktadır. Makine 2'de işlenen bütün yumurtadan elde edilen yumurta sarısı oranı R_{ey} yumurta akı oranı R_{ew} ve yumurta melanji oranı R_{em} çarpım olarak denklemlerde yer almaktadır.

$$Br_{min,ie} \leq \frac{\sum_{i=1}^n x_i Br_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \leq Br_{max,ie} \quad (12)$$

$$Br_{min,e} \leq \frac{\sum_{i=7}^n x_i Br_i}{\sum_{i=7}^n x_i} \leq Br_{max,e} \quad (13)$$

$$Br_{min,ey} \leq \frac{\sum_{i=13}^n x_i Br_i}{\sum_{i=13}^n x_i} \leq Br_{max,ey} \quad (14)$$

Ürünlerde sağlanması gereken briks değerlerinin alt ve üst kısıtları 12, 13 ve 14 numaralı denklemlerde verilmektedir. 12 numaralı denklemde endüstriyel yumurta bütünü, 13 numaralı denklemde yumurta bütünü ve 14 numaralı denklemde yumurta sarısının istenilen briks değerlerinin alt ve üst kısıtları verilmektedir. Yumurta akı ürününde karışıma izin verilmediği için briks kısıtı yer almamaktadır.

$$M1_{min,ie} \leq \frac{x_4}{\sum_{i=1}^n x_i} \leq M1_{max,ie} \quad (15)$$

$$M1_{min,e} \leq \frac{x_7}{\sum_{i=7}^n x_i} \leq M1_{max,e} \quad (16)$$

15 ve 16 numaralı denklemlerde, endüstriyel yumurta bütünü ve yumurta bütünü ürünlerinde makine 1'den gelecek yumurta kg oranlarına ait alt ve üst kısıtlar belirlenmektedir.

$$Lq_{min,ie} \leq \frac{x_6}{\sum_{i=1}^n x_i} \leq Lq_{max,ie} \quad (17)$$

$$Lq_{min,e} \leq \frac{x_{12}}{\sum_{i=7}^n x_i} \leq Lq_{max,e} \quad (18)$$

Endüstriyel yumurta bütünü ve yumurta bütünü ürünlerinde kullanılan sıvı miktarı oranına ilişkin kısıtlar sırasıyla 17 ve 18 numaralı denklemlerde verilmektedir.

Pastörize Likit Yumurta Üretim Planı Optimizasyonu

$$P_{min,ie} \leq \sum_{i=1}^{n=6} x_i \leq P_{max,ie} \quad (19)$$

$$P_{min,e} \leq \sum_{i=7}^{n=12} x_i \leq P_{max,e} \quad (20)$$

$$P_{min,ey} \leq \sum_{i=13}^{n=14} x_i \leq P_{max,ey} \quad (21)$$

$$P_{min,ew} \leq x_{15} \leq P_{max,ew} \quad (22)$$

Endüstriyel yumurta bütünü, yumurta bütünü, yumurta sarısı ve yumurta akı ürünleri için istenilen üretim miktarlarının kg cinsinden alt ve üst sınırları sırasıyla 19, 20, 21 ve 22 numaralı denklemlerde verilmektedir.

ÖRNEK UYGULAMA

Çalışma kapsamında, likit yumurta üretimi yapan bir işletmenin üretim planlama problemi modellenmiş ve çözümünde GRG2 yönteminden faydalanılmıştır. Geliştirilen model, farklı kısıtların ve amaçların bulunduğu 54 farklı senaryo oluşturularak test edilmiştir. Firmanın rekabet ve gizlilik politikası nedeniyle bu bölümde çözüm aranan senaryolardan sadece bir tanesine yer verilmektedir.

Modelin Optimizasyon Ayarları

Modelin çözümü için Microsoft Office Excel çözücü ve makro eklentileri kullanılmıştır. Excel çözücü, düzgün doğrusal olmayan problem yapıları için Lasdon ve Smith (1992) ve Lasdon, Waren, Jain ve Ratner'in (1978) GRG2 kodunu kullanmaktadır.

Problemin çözümünde kısıtlama duyarlılığı 0,00001 ve yakınsama oranı 0,001 kullanılmıştır. Çözüm metodu başlangıç için popülasyon boyutu 20 olmak üzere çoklu başlangıç opsiyonundan faydalanılmıştır. Çözümde Newton arama yönteminin ileri türevlerinden faydalanılmaktadır.

Makine kapasite kısıtları

$$H_{m1} = 9(\text{saat}) \quad E_{m1} = 0,85 \quad Ch_{m1} = 2500(\text{kg})$$

$$Cd_{m1} = H_{m1} * E_{m1} * Ch_{m1} = 19125(\text{kg})$$

$$H_{m2} = 9(\text{saat}) \quad E_{m2} = 0,85 \quad Ch_{m2} = 2750(\text{kg})$$

$$Cd_{m2} = H_{m2} * E_{m2} * Ch_{m2} = 21038(\text{kg})$$

Yumurta kırım oranları

$$R_{ey} = 0,25$$

$$R_{ew} = 0,32$$

$$R_{em} = 0,43$$

Murat Kocamaz ve Ural Gökay Çiçekli

Briks kısıtları

$$Br_1, Br_2, Br_7, Br_8, Br_{13} = 26(br)$$

$$Br_3, Br_9, Br_{14} = 43(br)$$

$$Br_4, Br_{10}, Br_{15} = 14(br)$$

$$Br_5, Br_{11} = 20(br)$$

$$Br_6, Br_{12} = 0(br)$$

$$Br_{min,ie} = 21,50(br) \quad Br_{max,ie} = 22,50(br)$$

$$Br_{min,e} = 23,50(br) \quad Br_{max,e} = 24,50(br)$$

$$Br_{min,ey} = 37,50(br) \quad Br_{max,ey} = 38,50(br)$$

Makine 1 girdisi kısıtları

$$M1_{min,ie} = 0,40 \quad M1_{max,ie} = 1,00$$

$$M1_{min,e} = 0,00 \quad M1_{max,e} = 0,30$$

Sıvı oranı kısıtları

$$Lq_{min,ie} = 0,00 \quad Lq_{max,ie} = 0,09$$

$$Lq_{min,e} = 0,00 \quad Lq_{max,e} = 0,09$$

Üretim miktarı kısıtları

$$P_{min,ie} = 0(kg) \quad P_{max,ie} = 80000(kg)$$

$$P_{min,e} = 10000(kg) \quad P_{max,e} = 10000(kg)$$

$$P_{min,ey} = 4000(kg) \quad P_{max,ey} = 4000(kg)$$

$$P_{min,ew} = 0(kg) \quad P_{max,ew} = 500(kg)$$

Tablo 7: Sonuç Çıktı Değerleri

Ürünler	Briks Değeri	Üretim Miktarı
Endüstriyel Yumurta Bütünü	21,5	29322
Yumurta Bütünü	23,5	10000
Yumurta Sarısı	37,5	4000
Yumurta Akı	14,0	379

Makine yumurta kırım kapasiteleri %100 kullanılmış, ihtiyaç fazlası ortaya çıkmamıştır.

SONUÇ

Tek bir girdiye sahip olan pastörize likit yumurta üretimi, 4 farklı ürün çıktısıyla, üretim planlama açısından birçok kısıt ve oransal ilişki tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu oran ve kısıtlar çerçevesinde, firma tarafından yapılan üretim planı çözümlerinin modelin bulunduğu

Pastörize Likit Yumurta Üretim Planı Optimizasyonu

çözümlerden kötü sonuçlar verdiği görülmektedir. Çalışma kapsamında, bir işletmenin üretim planlama probleminin çözümünde faydalanılmak üzere GRG2 kullanılan model başarılı sonuçlar vermiştir. Geliştirilen model, 54 denemenin tümünde geçerli bir üretim programı oluşturmayı başarmıştır. Tüm senaryolarda belirlenen farklı kısıtlar karşılanarak istenilen amaçlara ulaşılmıştır. Üretim programlarından elde edilen fayda modelin performansı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle önerilen model ile oluşturulan üretim programı, müşteri isteklerinin başarı ile karşılanmasını sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Bazaraa, M.S., Sherali, H.D. ve Shetty, C.M. (2006). Nonlinear Programming: Theory and Algorithms. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Boone, L.E. ve Kurtz, D.L. (2010). Contemporary Business. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Edgar, T.F. ve Himmelblau, D.M. (1989). Optimization of Chemical Process. New York: McGraw-Hill.
- Fahim, S.R. ve Helmy, W. (2012). Optimal Study of Distributed Generation Impact on Electrical Distribution Networks Using GA and Generalized Reduced Gradient. International Conference on Engineering and Technology (ICET 2012), 10-11 Ekim 2012.
- Faluyi, F. ve Arum, C. (2012). Design Optimization of Plate Girder Using Generalized Reduced Gradient and Constrained Artificial Bee Colony Algorithms. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2(7), 304-312.
- Kao, C. (1998). Performance of Several Nonlinear Programming Software Packages on Microcomputers. Computers & Operations Research, 25(10), 807-816.
- Kimball, D. (1991). Citrus Processing: Quality Control and Technology. New York: Springer Science.
- Lasdon, L.S. ve Smith, S. (1992). Solving Sparse Nonlinear Programs Using GRG. ORSA Journal on Computing, 4(1), 2-15.
- Lasdon L.S., Waren A., Jain A. ve Ratner, M. (1978). Design and Testing of a Generalized Reduced Gradient Code for Nonlinear Programming. ACM Transactions on Mathematical Software, 4(1), 34-50.

Murat Kocamaz ve Ural Gökay Çiçekli

- Lee, H.T., Chen, S.H. ve Kang, H.Y. (2004). A Study of Generalized Reduced Gradient Method with Different Search Directions. *Journal of Measurement Management*, 1(1), 25-38.
- Mouatasim, A.E. (2010). Two-Phase Generalized Reduced Gradient Method for Constrained Global Optimization. *Journal of Applied Mathematics*, Article ID: 976529.
- Prochaska, J.F, Carey, J.B. ve Shafer, J. (1996). The Effect of L-lysine Intake on Egg Component Yield and Composition in Laying Hens. *Poultry Science*, 75(10), 1268-77.
- Rardin, R.L. (1998). *Optimization in Operations Research*, New Jersey: Prentice Hall.
- Sharma, R. ve Glemmestad, B. (2013). On Generalized Reduced Gradient Method with Multi-start and Self-optimizing Control Structure for Gas Lift Allocation Optimization. *Journal of Process Control*, 23, 1129-1140.
- Su, C.T. ve Lii, G.R. (1995). Reliability Optimization Design of Distribution Systems via Multi-level Hierarchical Procedures and Generalized Reduced Gradient Method, *Energy Management and Power Delivery. Proceedings of EMPD '95 International Conference (21-23 Nov 1995)*, 180-185.
- Sun, W. ve Yuan, Y. (2006). *Optimization Theory and Methods: Nonlinear Programming*. New York: Springer.
- Ulucan, A. (2004). *Yöneylem Araştırması: İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Wolfe, P. (1963). *Methods of Nonlinear Programming, Recent Advances in Mathematical Programming*. New York: Mcgraw-Hill.
- Yeniay, Ö. (2005). A Comparative Study on Optimization Methods for the Constrained Nonlinear Programming Problems. *Mathematical Problems in Engineering*, 2005(2), 165-173.