



Niğde Provincial Quality Milk Production Optimum Collection and Transport Planning

Davut Yeşil^{1,a,*}

¹Niğde Investment Support Office, Ahiler Development Agency, 51100 Niğde, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 09/11/2020 Accepted : 01/01/2021</p> <p><i>Keywords:</i> Milk Quality Milk Milk Collection Planning Transport</p>	<p>In the study, it was aimed to determine a collection and transport model based on the protection of the quality values of the milk sold to processing plants by collecting it in the morning and evening from cattle breeding enterprises that are members of the Union of Cattle Breeders of Niğde province. As part of the study, raw milk samples were taken 2 times a month for 12 months from 19 animal husbandry enterprises that are members of the Union and analyzed by technical staff in the Union's laboratory. In the analysis, fat, protein, lean drying agent, total dry matter and lactose values were collected, as well as somatic cell and total bacterial values. As a result of the analysis, the milk is divided into four different types according to the total bacterial load. Collection routes have been established according to the geographical locations of livestock enterprises and the type of milk determined. In this context, the proposed model is a "tank-based divisible demand mathematical Model" and was operated using Cplex 12.1.0 solver in gams 23.4.3 version and optimal milk collection routes were created. Planning allows 4 different types of milk, determined on the basis of the total number of bacteria from 19 milk-producing cattle enterprises, to be transported to the collection center under certain restrictions. The increase in milk supply in recent years has allowed processing plants to be more selective. As a result, it has increased the criteria for getting cleaner and quality milk. In addition, these businesses also agree to pay more fees for milk with high quality values. As a result of niğde breeding cattle breeders' association quality-based contracts with processing plants, it has become mandatory to implement new collection models. After that, the traceability of milk taken from the livestock business until it goes to the consumer as the final product will be a very important subject of study.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(3): 568-576, 2021

Niğde İl Kaliteli Süt Üretimi Optimum Toplama ve Taşıma Planlaması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 09/11/2020 Kabul : 01/01/2021</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Süt Kaliteli Süt Süt Toplama Planlama Taşıma</p>	<p>Bu çalışmada, Niğde İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine üye büyükbaş hayvancılık işletmelerinden sabah ve akşam toplayarak işleme tesislerine sattığı sütün kalite değerlerinin korunmasını esas alan bir toplama ve taşıma modelini belirlemek amaçlanmıştır. Yapılan çalışma kapsamında birliğe üye 19 hayvancılık işletmesinden 12 ay boyunca ayda 2 kez çiğ süt numuneleri alınmış ve birliğin laboratuvarında teknik personellerce analizleri yapılmıştır. Analizlerde yağ, protein, yağsız kuruma madde, toplam kuru madde ve laktöz değerlerinin yanı sıra somatik hücre ve toplam bakteri sayısı ölçüm değerleri toplanmıştır. Analizler sonucunda sütler toplam bakteri yüküne göre dört farklı tipe ayrılmıştır. Hayvancılık işletmelerinin coğrafi konumları ve belirlenen süt tipine göre toplama rotaları oluşturulmuştur. Bu kapsamda önerilen model "Tank Bazında Bölünebilir Talepli Matematiksel Model" olup GAMS 23.4.3 versiyonunda CPLEX 12.1.0 Solver'ı kullanılarak çalıştırılmış ve optimum süt toplama rotaları oluşturulmuştur. Planlama 19 süt üreten büyükbaş hayvancılık işletmesinden Toplam Bakteri Sayısı esasına göre belirlenen 4 farklı tipteki sütün Toplama Merkezine belirli kısıtlar altında taşınmasını mümkün kılmaktadır. Son yıllarda yaşanan süt arzındaki artış işleme tesislerinin daha seçici davranmalarına imkân vermiştir. Bunun sonucu olarak daha temiz ve kaliteli sütü alma konusundaki kriterleri artırmıştır. Ayrıca bu işletmeler kalite değerleri yüksek süte daha fazla ücret ödemeyi de kabul etmektedirler. Niğde Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği'nin işleme tesisleri ile yaptığı kalite bazı sözleşmeler sonucu yeni toplama modellerini uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Bundan sora yapılacak çalışmalarda hayvancılık işletmesinden alınan sütün nihai ürün olarak tüketiciye gidinceye kadarki süreçte izlenebilirliği oldukça önemli bir çalışma konusu olacaktır.</p>

Giriş

Sağlıklı bir yaşamın temeli olan sağlıklı beslenme vücudun ihtiyacı olan enerji ve besin öğelerinin yeterince alınıp vücutta kullanılmasıdır. Yaşamın her döneminde yeterli ve dengeli beslenmenin en önemli unsuru sütün gerekliliğidir. Çünkü süt vücudun ihtiyaç duyduğu C vitamini ve demir dışındaki birçok makro ve mikro besin öğesini içinde barındıran yegâne sıvı besindir.

Birleşmiş Milletler'e (BM) bağlı beş örgüt tarafından açıklanan, "Dünyada Gıda Güvenliği ve Beslenmenin Durumu" adlı rapora göre, 2019 yılında açlık çeken kişi sayısı 690 milyona ulaşmıştır. Bu da her dokuz kişiden birinin yetersiz beslenme ile karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değerle 2018 yılıyla kıyaslandığında açlık çeken kişi sayısının 10 milyon, önceki 5 yıla oranla ise 60 milyon arttığını göstermektedir. Yüksek maliyetler ve düşük alım gücü, milyarlarca kişinin sağlıklı ve besleyici öğünlere erişimini engellemektedir. Açlık çeken kesime en çok Asya'da rastlanmakta birlikte, açlık en hızlı Afrika'da yayılmaktadır. Rapora göre COVID 19 salgını 2020 yılı sonu itibarıyla 130 milyon kişiyi daha kronik açlıkla yaşamaya mahkûm edebilir. Salgın kaynaklı akut açlığın artış göstermesi ise, dönemler itibarıyla bu sayının artmasına yol açabilir (FAO, 2020). Açlıkla mücadele hedefinde süt sektörü ülke ekonomisinde ve halk sağlığının korunmasında hayati bir öneme sahiptir. Tarım ekonomisi içerisinde ise süt sektörünün payı oldukça büyük olup, hayvansal protein ihtiyacının kayda değer bir kısmı süt ve süt ürünleri ile karşılanabilmektedir (USAK, 2018).

Türkiye süt sektörü son on yıllık süreç içerisinde hem üretim hem de işleme sanayi bakımından çok önemli ilerlemeler kaydetmiş ve bu gelişim hiç şüphesiz halk sağlığı ve beslenme politikalarındaki bilinçlenme ile paralel olarak ortaya çıkmıştır. İnsan sağlığı bakımından stratejik bir öneme sahip sütün üretimine yönelik kamu destekleri özel bir önemde değerlendirilmektedir. Türkiye'de üretilen süt miktarı 2018 yılında 22,12 milyon ton olup, bunun 20,03 milyon tonu inek sütüdür ve bu miktar toplam süt üretiminin %90,55'idir. Üretilen inek sütünün %55'i ticari süt işletmelerince toplanmıştır (TÜİK, 2019). Türkiye, 2018 yılında 826 milyon ton olan dünya süt üretiminin %2,6'sını gerçekleştirmiştir. Bu değerler ile Dünyanın 8. Avrupa'nın da 3. büyük üreticisi durumundadır (FAO, 2019). 2018 yılı dünya süt ve süt ürünleri ihracat değeri yaklaşık 67 milyar dolardır. Türkiye'nin süt ve süt ürünleri ihracat değeri 234 milyon dolar olup, dünya ihracatındaki payı %0,35'tir.

Niğde ili kültür ırkı büyükbaş süt üretimi bakımından 349.768 ton/yıl ile ülkemizde 9. sırada yer alırken, 152.731 kültür ırkı büyükbaş hayvan sayısı ile 17. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2020). Niğde ili süt ve süt ürünleri ihracatı bakımından oldukça zayıftır. Dönemsel olarak Ortadoğu pazarına süt tozu satışı dışında süt ve süt ürünleri satmamaktadır. İl düzeyinde üretilen çiğ inek sütünün %80'i yerel işleme kapasitesinin düşüklüğü nedeniyle il dışına satılmaktadır. Niğde ili 2018 yılı ithalat rakamlarında ise toplam ithalatın %29'unu canlı hayvan alımlarının oluşturduğu görülmektedir. (Niğde Valiliği, 2019). Bu değer il düzeyinde süt inekçiliğinin yaygınlaştığı ve kapasitenin artmakta olduğunun göstergesi niteliğindedir.

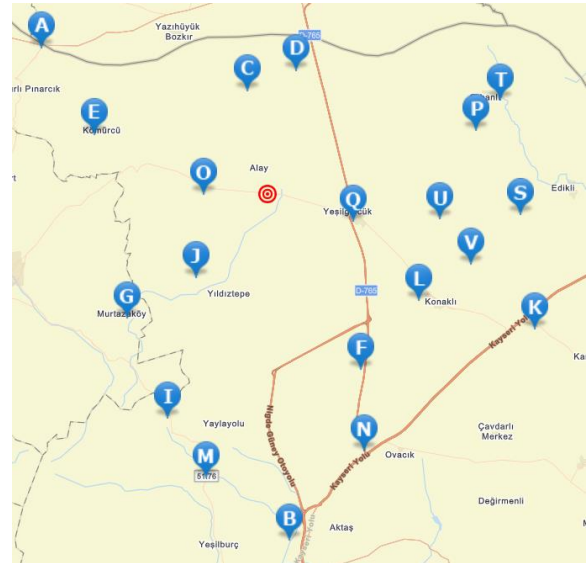
Niğde İlinde süt sığırcılığının son yıllardaki bu hızlı gelişimine rağmen akademik anlamda çalışma sayısı yetersiz kalmıştır. İl düzeyinde yapılan süt sığırcılığı mevcut durum araştırmalarında ise üreticilerin en fazla memnun oldukları ilk beş konunun sırasıyla; yetiştirilen hayvan ırkı, üyesi olunan yetiştirici örgütünün hizmetleri, sağım işlemleri, buzağı doğum ve bakım işleri ile kayıt tutma ve hayvan takip sisteminin olduğu görülmüştür (Ünal ve ark., 2013).

Ahiler Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanan TR71 Düzey 2 Bölgesi Süt ve Süt Ürünleri Durum Analizi Raporu'nda ise Niğde ilinin üretim kapasitesinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca barınaklarda hayvan konforu ve hijyene dikkat etme konusunda yetersizliklerin görüldüğü ve geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Çalışmamız; Niğde İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine üye büyükbaş hayvancılık işletmelerinden sabah ve akşam toplanarak işleme tesislerine satılan sütün kalite değerlerinin korunmasını esas alan "Tank Bazında Bölünebilir Talepli Matematiksel Model" in oluşturulmasına yönelik yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, Niğde ilinde gerçekleştirilmiş olup araştırma bölgesinde (Şekil 1) son on yıl içerisinde süt üretiminde ve hayvan varlığındaki büyük artış olması yaşanmıştır.



Şekil 1. Süt İşletmelerin Mevcut Yerleşim Durumu
Figure 1. Current status of cow's milk farms

Niğde DSYB (Niğde İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği) anlaşmalı olduğu süt üretim işletmelerinden topladıkları soğutulmuş süt için hâlihazırda "Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne uygun olarak yayımlanmış "Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği" esasları çerçevesinde toplamaya çalışmakla birlikte DSYB sütleri kalite değerleri esas alınmadan en yakın mesafeden başlayarak toplamaktadır. Farklı çiftliklerden toplanan sütlerin içerdikleri bakteri miktarları ve kaliteleri birbirinden oldukça farklıdır. Bu durumda süt işleme

merkezlerinde üretilen süt ürünlerinin kalitesini doğrudan etkilemektedir (Endrizzi ve ark., 2012). Süt sığırcılığı işletmelerinden sütün alınarak süt işleme tesislerine varıncaya kadar olan süreçte süt kalitesini maksimize edecek minimum taşıma mesafesinin belirlenmesi konusunda yapılan süt analizlerine dayalı bir çalışmanın yapılması ihtiyacı doğmaktadır. Bu amaca yönelik 2017 yılı ocak-aralık döneminde 12 ay boyunca süt alınan 19 işletmenin kalite-mesafe ölçeğinde verileri alınmıştır. Süt örnekleri işletmenin süt soğutma tanklarından Niğde DSYB'nin teknik personeli aracılığı ile taşıma tankerlerine boşaltılmadan önce on beş günde bir olarak alınmıştır. Alınan örnekler FOSS MilkoScan FT+ süt analiz cihazı ve BacSomatic bakteri ve somatik hücre sayım cihazı aracılığı ile Niğde DSYB laboratuvarında Toplam Kuru Madde, Yağsız Kuru Madde, Protein, Yağ, Toplam Bakteri ve Somatik Hücre Sayısı analiz edilmiş ve kayıt altına alınmıştır.

Çalışma kapsamında Niğde DSYB'nin mevcut süt toplama sistemini kalite değerleri dikkate alınarak yeniden planlaması yapılmıştır.

Bu kapsamda Lahyani ve ark. (2015a)'nin zeytinyağı toplama problemi için ve Coelho ve Laporte (2015)'nin yakıt dağıtım problemi için geliştirdiği ÇKARP (Çok Kompartmanlı Araç Rotalama Problemi) modellerinden faydalanılmıştır. Model üreticilerin taleplerini bölerken tank bazında bölünme yaptığı için modelin çalışması kolaylaştırılmıştır. Bölünebilir taleplerin tanklar bazında takibini yapabilen model'de süt toplama probleminin doğasında bulunan araç rotalama kısıtlarının tamamı uyumsuzluk ve yükleme kısıtlarının bir kısmı sağlanmaktadır.

Oluşturulan modelin varsayımları şu şekildedir; Her bir noktadan

- İşletmelerdeki çığ süt miktarı belirli ve sabittir.
- Anlaşılmalı olunan her çiftliğin/toplama merkezinin ürettiği tüm farklı tiplerdeki sütler toplanmalıdır.
- Çığ sütler kalite değerlerine göre ayrılarak ideal sıcaklık koşullarında toplamaya hazır halde bekletilmektedir.
- Bir üreticide her tip süt bulunması mümkündür.
- Farklı tiplerdeki sütler birbirleri ile karıştırılmamalıdır.
- Farklı üreticilerden alınan aynı tip çığ sütlerin karıştırılmasına izin verilmektedir.
- Tankerlere ve tanklara atanan toplam süt miktarları ilgili kapasiteyi aşmamalıdır.
- Tüm tankerler tüm konumları ziyaret edebilir.
- Her tanker rotasına üretim merkezinden başlar ve rotasını burada bitirir.
- Bir tanker bir konumu sadece bir kere ziyaret edebilir. Ancak aynı konum farklı tankerler tarafından ziyaret edilebilir.
- Çığ süt toplama işlemi belirlenen süre zarfında tamamlanmak zorundadır.
- Zaman penceresi dikkate alınmıştır.
- Servis süreleri talebin bölünebilirliğinden bağımsız sabit alınmıştır.
- Tanker ağırlık yük ilişkisi dikkate alınmamıştır.
- Tanker tank yüklemesi dikkate alınmamıştır.
- Tank minimum ve maksimum yükleme kısıtları dahil edilmemiştir.

Aşağıda verilen notasyonlar doğrultusunda Karma Tamsayı Doğrusal Model tasarlanan çok tanklı tank bazında bölünebilir talepli farklı ürün tipleri içeren matematiksel model verilmiştir.

İndisler	
$i, j \in N$	Düğüm Seti (0: Üretim merkezi, 1, ..., N: Üretici (Çiftlikler / Süt Toplama Merkezleri))
$k \in K$	Araç Seti (Tankerler)
$l \in L$	Araç Bölümleri Seti (Tanklar)
$m, h \in M$	Çığ süt tipleri
Parametreler	
a_{ij}	Düğüm arası mesafe
Q_{kl}	k tankinin l tankının kapasitesi
dim	i. üreticide bulunan m tipi çığ süt miktarı
s_i	i. zıla üreticide yapılacak süt alım işlemi için harcanacak süre
V	Tankerlerin Ortalama Hızı
T	Sütün taşınmasında kullanılabilecek en fazla süre
P	Çok büyük bir sayı (Talebin Bölünebilirliğini sağlayan değer)
Karar Değişkenleri	
x_{ijk}	1: Eğer i. düğümden j. düğüme gidiliyorsa 0: diğer durumlarda

Amaç fonksiyonun (1) hedefi toplam yolu en küçükmektir. Ancak k. tanker i. üreticiyi ziyaret ederse, i. üreticinin ürettiği m tipi süt k. tankinin l. tankına yüklenebilir şartı kısıt (2) ile, k. tankerin l. tankına m tipi süt atanırsa, i. üreticinin ürettiği m tipi ürün ilgili araca yüklenir şartı kısıt (3) ile sağlanmaktadır. Kısıt (4) eğer k aracının l tankına m tipi süt atanması yapılırsa, üreticilerin m tipi sütlerinin bu tanka yüklenebilmesini, kısıt (5) bir tanka birden fazla tip süt atanmamasını sağlamaktadır. Kısıt (6) ve (7) akışlar arası dengeyi ve alt tur eliminasyonunu sağlamaktadır. (8) ve (9) numaralı kısıtlar akış sürekliliği içindir. Kısıt (10) üretim yoksa atama yapılmamasını sağlar. Kısıt (11) araçların ziyaretlerini tamamladıktan sonra depoya dönmelerini sağlamaktadır. Kısıt (12) ve (13) ü. Üreticinin k. tanker tarafından ziyaret edilmesi halinde, ilgili aracın l. tankına m tipi çığ süt atanmasını ve yüklenmesini sağlamaktadır. (14) numaralı k aracına yapılan şehir atamaları bu aracın tanklarına yapılan atamalar arasında ilişki kurmayı sağlamaktadır. Kısıt (15) düğümlerin kendi içinde atanmasını engelleyerek modeli hızlandırmaktadır. Kısıt (16), (17) ve (18) talebin bölünebilirliğini sağlamaktadır. Kısıt (19) tankere yapılan yüklemenin kapasiteyi geçmesini engellerken, kısıt (20) bölünen taleple yapılan atamalar arasındaki ilişkiyi kurmaktadır. Sütün belirlenen zaman limiti altında üretim merkezine ulaştırılması kısıtı (21) numaralı kısıt ile sağlanmaktadır. (22), (23) ve (24) numaralı kısıtlar değişkenlerin doğası gereği kullanılan kısıtlardır.

Modelde verilen kısıtlardan (2) ile (5) numaralı kısıtlar arasında bulunanlar düğümlerin atanmasını sağlayan kısıtlardır. (6) ve (7) numaralı kısıtlar akış ve alttur eliminasyon kısıtlarıdır. Modelin akış dengelerinin sağlanması için modele (8) ile (14) arasındaki kısıtlar eklenmiştir. Talebin bölünebilirliğini ve kapasite aşılması şartları (16) ile (20) arasındaki kısıtlar tarafından sağlanır.

Kurulan modelde optimum sonuca GAMS 23.4.3 versiyonunda CPLEX 12.1.0 Solver'ı kullanılarak ulaşılmıştır. Temel modelin algoritması oluşturulduktan sonra oluşturulan model ilk olarak on dokuz düğüm içeren

bir temel veri setinde çalıştırılmıştır. Örnek veri setinde bulunan on dokuz noktadan birincisi süt toplama merkezini, geriye kalan on sekiz nokta ise çiftlikleri temsil etmektedir.

$$\text{minimize } Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} a_{ij} x_{ijk} \tag{1}$$

Kısıtlar altında

$$Z_{iklm} \leq y_{ik} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K, l \in L, m \in M \tag{2}$$

$$Z_{iklm} \leq w_{klm} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K, l \in L, m \in M \tag{3}$$

$$w_{klm} \leq \sum_{i \in N \setminus \{0\}} z_{iklm} \quad k \in K, l \in L, m \in M \tag{4}$$

$$\sum_{m \in M} w_{klm} \leq 1 \quad k \in K, l \in L \tag{5}$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} + \sum_{j \in N} x_{jik} = 2y_{ik} \quad \forall i \in N, k \in K \tag{6}$$

$$\sum_{i \in Z} \sum_{j \in Z, i < j} x_{ijk} \leq \sum_{i \in Z} y_{ik} - y_{zk} \quad Z \subseteq N \setminus \{0\}, z \in Z, k \in K \tag{7}$$

$$\sum_{j \in N \setminus \{0\}} x_{jik} \leq y_{ik} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K \tag{8}$$

$$x_{i0k} \leq 2y_{ik} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K \tag{9}$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{l \in L} z_{iklm} \leq 0 \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, m \in M: Dim=0 \tag{10}$$

$$y_{ik} \leq y_{0k} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K \tag{11}$$

$$y_{ik} \leq \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} z_{iklm} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K \tag{12}$$

$$y_{ik} \leq \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} w_{klm} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K \tag{13}$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} y_{ik} \leq \sum_{i \in N \setminus \{0\}} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} z_{iklm} \quad k \in K \tag{14}$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} x_{iik} = 0 \tag{15}$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{l \in L} f_{iklm} = b_{im} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, m \in M \tag{16}$$

$$b_{im}^P \geq d_{im} \quad \forall i \in N, m \in M \tag{17}$$

$$b_{im} \leq d_{im} \quad \forall i \in N, m \in M \tag{18}$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} \sum_{m \in M} d_{im} f_{iklm} \leq Q_{kl} \quad k \in K, l \in L \tag{19}$$

$$Z_{iklm} \geq f_{iklm} \quad \forall i \in N, k \in K, l \in L, m \in M \tag{20}$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} \sum_{j \in N} (a_{ij} x_{ijk}) / V + \sum_{i \in N \setminus \{0\}} \sum_{j \in N} s_i x_{ijk} \leq T \quad k \in K \tag{21}$$

$$f_{iklm} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, m \in M, k \in K, l \in L \tag{22}$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N \setminus \{0\}, k \in K \tag{23}$$

$$w_{klm}, z_{iklm}, y_{ik}, b_{im} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, k \in K, m \in M \tag{24}$$

Bulgular ve Tartışma

İnsan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan süt, uygun koşullarda üretilmediği, saklanmadığı, toplanmadığı ve işlenmediği durumlarda insan sağlığı açısından zararlı olabilmektedir (ASÜD, 2010). Sütün hijyenik kalitesinin ve bakteri seviyesinin belirlenmesi için süt analizleri yapılmaktadır. Bakteri seviyesi ile süt verimi arasındaki yakın ilişki ekonomik yönden de önem arz etmektedir. Günümüzde, elektronik hücre sayım ekipmanlarının ve bilgisayar uygulamalarının gelişmesiyle, üreticiler tarafında bakteri seviyeleri kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Bu sayede çiftliklerde elde edilen çiğ sütlerin kalitesi kolaylıkla ölçülebilmektedir. Kaliteli süt; içinde yasal sınırların üzerinde bakteri, patojen, antibiyotik ve toksik madde içermeyen, sağlıklı hayvanlardan, temiz ve hijyenik koşullarda üretilmiş ve muhafaza edilmiş, yağ miktarı en az %3,5; yüksek kuru maddeye (% 12,8) sahip, kötü kokusu bulunmayan, kendine özgü renk, tat, yapı ve bileşime sahip olan üründür (Metin, 2017; Üçüncü, 2008; Dehinet ve ark., 2013).

Türk Gıda Kodeksi, çiğ sütlerde somatik hücre sayısının mililitrede 500.000 adetten az olmasını talep ederken (TGK, 2006), daha düşük sayıda somatik hücreye sahip çiğ sütler için üreticiler daha yüksek fiyatlar talep edebilmektedirler (Pirisi ve ark., 2007). Bu durum, daha kaliteli süt ve süt ürünleri üretmek isteyen süt işleyicilerinin, çiğ sütleri üretim çiftliklerinde kalitesine ve bakteri sayısına göre sınıflandırmalarına neden olmaktadır (Endrizzi ve ark., 2012).

Süt üretim çiftliklerinde günlük olarak sağılan çiğ sütler, sağımdan hemen sonra ilgili ölçümler sonrasında sütün 6°C'nin altında soğutulmasına izin veren tanklarda depolanmaktadır. Süt soğutma tankına sahip olmayan küçük çiftliklerde ise çiğ sütler, sağımdan sonra en geç 2 saat içerisinde bölgesel süt toplama merkezlerine götürülmekte ve orada depolanmaktadır (ASÜD, 2010).

Birliğe bağlı süt üretimi yapan hayvancılık işletmeleri hayvan bakımı ve besleme ile sütte yağ, protein ve kuru madde gibi değerleri kontrol edebilirken temizlik ve hijyen gibi faktörleri işletmede çalışan kişilerin davranış ve alışkanlıklarının belirlediği görülmüştür. İşletmelerin 12 aylık çiğ süt analiz sonuçları incelendiğinde yağ ve protein değerleri ile toplam bakteri sayılarının belli bir paralellik gösterdiği, yağ ve protein değerleri diğer işletmelere göre düşük olan işletmelerde somatik hücre ve bakteri sayılarının yüksek olduğu görülmektedir. Bu kapsamda bakteri oranı yüksek sütlerin aynı tanklarda toplanması ve diğer sütlerle karıştırılmaması büyük bir önem arz etmektedir.

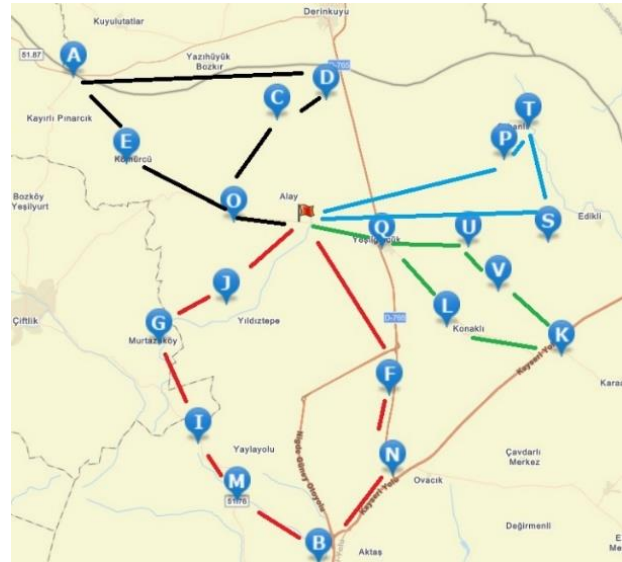
Süt toplama merkezlerinde, günlük toplama rotaları oluşturulurken, hangi çiftlikteki hangi kalitedeki sütün hangi tankta toplanacağı ve bu tankerlerin dolum sıralarının ne olacağı planlaması yapılmaktadır. Süt toplama operasyonlarına ilişkin verilmesi gereken bu kararlar, literatürde Süt Toplama Sorunu (STS) içerisinde incelenmektedir. (Jones, 1953; Sankaran ve Ubgade, 1994; Butler ve ark., 1997; Butler ve ark., 2005; Claassen ve Hendriks, 2007; Hoff ve Løkketangen, 2007; Caramia ve Guerriero, 2010).

Süt toplama sorunu(STS), farklı işletmelerde bulunan çiğ sütlerin, işlenmek üzere tankerler aracılığı ile süt işleme

merkezine belli kısıtlar altında götürülmesi ile ilgilenebilir. STS'de, tankerlere ilişkin günlük araç planlaması yapılırken, hangi çiftlik ya da süt toplama merkezlerindeki, hangi kalitedeki sütlerin, hangi tip tankerler tarafından, hangi tanklarda toplanacağı ve bu tankerlerin dolaşım sıralarının ne olacağı gibi kararlar verilmektedir. Bu kapsamda bu sorunun çözümü için literatürde küçük çaptaki problemler basitleştirilerek ya da sıralı olarak çözülmüştür. Araç Rotalama Problemi (ARP)'nin gelişmiş türü olarak yapılan çalışmalarda ise STS problemini diğer problemlerden ayıran uygulamada önemli olan kısıtların ihmal edildiği gözlemlenmiştir.

Niğde DSYB mevcut durumda, soğutulmuş çiğ sütün toplama işlemini sabah 06:00-10:00 saatleri arasında 4 araç ile 5x3 tonluk izoleli tanklar ile yapılmaktadır. Bu toplamaya ilişkin uygulanan rota Şekil 2'deki gibidir.

Birinci araç; Toplama Merkezinden çıkarak sırası ile O, C, D, A ve E işletmelerini ziyaret ederek toplam 2 saat 35 dakikada 12.250 lt sütü toplamaktadır. İkinci araç ise; J, G,I,M,B,N ve F çiftliklerinden aldıkları 14.450 lt sütü 3 saat 45 dakikada merkeze getirmektedir. Üçüncü araç; Q, L, K, V ve U çiftliklerinden 11.250 Lt sütü 3 saat 10 dakikada, Dördüncü araç ise; 1 saat 46 dakika, 8.000lt sütü toplayarak toplama merkezine dönmektedir. Birliğe ait 4 araç toplam 11 saat 16 dakikalık toplam çalışma ile 45.950 lt sütü toplamaktadır (Çizelge 1). Sütler herhangi bir ayırma tabi tutulmaksızın Toplama Merkezinde tanklara boşaltılmaktadır. Süt işleme tesisinin araçları gelinceye kadar (1-3 saat) merkezde soğutulmaktadır. Merkezde sütler +4 ila +5 derecelerde muhafaza edilmektedir.



Şekil 2. Mevcut Süt Toplama Planı
Figure 2. Current milk collection plan

Niğde DSYB çiğ süt alımında kalite temelli bir çalışma yapmaya başlamış olup on iki aylık süt üreticisinden alınan sütlerin ortalama analiz değerleri işletme bazında hesaplanmışlardır (Çizelge 2). Birlik Sütleri içerdikleri bakteri oranlarına bağlı olarak 4 farklı tipe ayırmıştır. 0-100.000 arası 1.tip, 100.000-500.000 arası ise 2.tip, 500.000-1.000.000 arası 3.tip ve 1.000.000 üzeri ise 4.tip olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araç ve duraklara göre süt toplama zamanları
Table 1. Milk Collection Times by Vehicle and Stops

AD	Durak Sayısı	Durak İsmi	Çıkış Zamanı	Variş Zamanı	Servis Süresi	Alınan Süt Miktarı	Toplam Araç Yüğü
A1D6	0	Depo		06:00	00:00		
	1	O	06:00	06:20	00:20	3.250	3.250
	2	C	06:20	06:50	00:50	2.500	5.750
	3	D	06:50	07:17	01:17	3.000	8.750
	4	A	07:17	07:46	01:46	2.000	10.750
	5	E	07:46	08:35	02:35	1.800	12.250
	6	Depo					12.250
A2D8	0	Depo		06:00	00:00		
	1	J	06:00	06:23	00:23	1.500	1.500
	2	G	06:23	07:11	01:11	2.250	3.750
	3	I	07:11	07:45	01:45	1.750	5.500
	4	M	07:45	08:23	02:23	2.250	7.750
	5	B	08:23	08:56	02:56	2.000	9.750
	6	N	08:56	09:23	03:23	1.500	11.250
	7	F	09:23	09:45	03:45	3.200	14.450
8	Depo					14.450	
A3D6	0	Depo		06:00	00:00		
	1	Q	06:00	06:27	00:27	2.500	2.500
	2	L	06:27	07:10	01:10	1.250	3.750
	3	K	07:10	07:48	01:48	3.000	6.750
	4	V	07:48	08:36	02:15	2.500	9.250
	5	U	08:36	09:10	03:10	2.000	11.250
	6	Depo					11.250
A4D4	0	Depo		06:00	00:00		
	1	S	06:00	06:23	00:23	3.500	3.500
	2	T	06:23	07:06	01:06	2.500	6.000
	3	P	07:06	07:46	01:46	2.000	8.000
	4	Depo					8.000

AD: Araç ve Durak, A1D6: Araç 1 Durak Sayı 6, A2D8: Araç 2 Durak Sayı 8, A3D6: Araç 3 Durak Sayı 6, A4D4: Araç 4 Durak Sayı 4,

Çizelge 2. İşletme süt analiz ortalama değerleri ve süt tipleri

Table 2. Milk analysis average values and milk types of cow milk farms

Çiftlik	Mesafe km	Kapasite lt	% TKM	% YKM	% Yağ	% Protein	% Su	Bakteri	Somatik	Süt Tipi
A	40	2000,00	12,05	8,57	3,48	3,13	0,37	483.833,33	260.333,33	2
B	45	2000,00	12,69	8,88	3,81	3,29	0,13	31.416,67	290.416,67	1
C	10	2500,00	12,43	8,84	3,62	3,30	0,12	44.125,00	232.916,67	1
D	15	3000,00	12,09	8,60	3,49	3,13	1,10	174.666,67	524.166,67	2
E	20	1800,00	12,28	8,60	3,68	3,19	1,06	163.666,67	203.583,33	2
F	15	3200,00	12,02	8,61	3,41	3,17	0,38	210.750,00	254.333,33	2
G	23	2250,00	12,39	8,84	3,55	3,26	0,38	183.333,33	321.750,00	2
I	30	1750,00	12,20	8,71	3,49	3,17	0,08	392.083,33	213.666,67	2
J	25	1500,00	12,38	8,67	3,71	3,21	0,28	132.666,67	385.583,33	2
K	43	3000,00	12,28	8,69	3,59	3,15	0,62	258.333,33	255.666,67	2
L	23	1250,00	11,74	8,45	3,29	3,04	0,89	307.500,00	336.333,33	2
M	43	2250,00	12,29	8,75	3,54	3,19	0,19	546.666,67	341.250,00	3
N	43	1500,00	12,08	8,68	3,40	3,19	0,57	186.416,67	296.333,33	2
O	6	3250,00	12,14	8,66	3,48	3,21	2,67	457.916,67	443.500,00	2
P	30	2000,00	12,62	9,03	3,59	3,39	0,13	383.666,67	330.083,33	2
Q	10	2500,00	11,65	8,25	3,40	3,01	0,34	235.083,33	272.666,67	2
S	33	3500,00	12,33	8,29	3,63	3,10	0,35	131.333,33	284.916,67	2
T	35	2500,00	12,73	8,73	3,99	3,15	0,08	156.833,33	218.000,00	2
U	15	2000,00	12,21	8,62	3,60	3,12	0,71	1.308.333,33	310.500,00	4
V	18	2500,00	12,13	8,67	3,41	3,17	0,24	1.040.000,00	302.750,00	4

Çizelge 3. Süt üretim çiftliklerinin servis süreleri

Table 3. Service times of dairy farms

Y	İ	Adres	Y	X	Başlama Saati	Bitiş Saati	Toplama Süresi	Alınan Miktar	Taşınan Miktar
0	DP	Alay, Niğde	38,2547989	34,7030334	06:00	10:00	4:00	0	0
1	A	Gosterli, Niğde	38,3340034	34,4965439	06:00	10:00	0:45	2.000	2.000
2	B	Yenimahalle, Niğde	37,9702301	34,6763077	06:00	10:00	0:49	2.000	2.000
3	C	Kiledere, Niğde	37,9702301	34,6763077	06:00	10:00	0:23	2.500	2.500
4	D	Agcaşar, Niğde	37,9702301	34,6763077	06:00	10:00	0:27	3.000	3.000
5	E	Kömürçü, Niğde	38,2799110	34,5733643	06:00	10:00	0:30	1.800	1.800
6	F	Çavdarlı, Niğde	38,0846519	34,8969994	06:00	10:00	0:27	3.200	3.200
7	G	Murtaza köy, Niğde	38,1650543	34,5976677	06:00	10:00	0:33	2.250	2.250
8	I	Tepeköy, Niğde	38,0723877	34,6397743	06:00	10:00	0:38	1.750	1.750
9	J	Yıldıztepe, Niğde	38,1751328	34,6764030	06:00	10:00	0:34	1.500	1.500
10	K	Konaklı, Niğde	38,1730042	34,8449936	06:00	10:00	0:48	3.000	3.000
11	L	Konaklı, Niğde	38,1730042	34,8449936	06:00	10:00	0:33	1.250	1.250
12	M	Ballı, Niğde	38,0716896	34,6640854	06:00	10:00	0:48	2.250	2.250
13	N	Ovacık , Niğde	38,0626183	34,8432045	06:00	10:00	0:48	1.500	1.500
14	O	Bağlama, Niğde	38,2413177	34,6604309	06:00	10:00	0:20	3.250	3.250
15	P	Orhanlı, Niğde	38,3005905	34,8863716	06:00	10:00	0:38	2.000	2.000
16	Q	Yeşil gölcük, Niğde	38,2239189	34,7730522	06:00	10:00	0:23	2.500	2.500
17	S	Edikli, Niğde	38,2446289	34,9517059	06:00	10:00	0:40	3.500	3.500
18	T	Orhanlı, Niğde	38,3005905	34,8863716	06:00	10:00	0:43	2.500	2.500
19	U	Orhanlı, Niğde	38,3005905	34,8863716	06:00	10:00	0:27	2.000	2.000

Y: Yer, İ: İsim, DP: Depo, Y: Koordinat (Y), X: Koordinat (X)

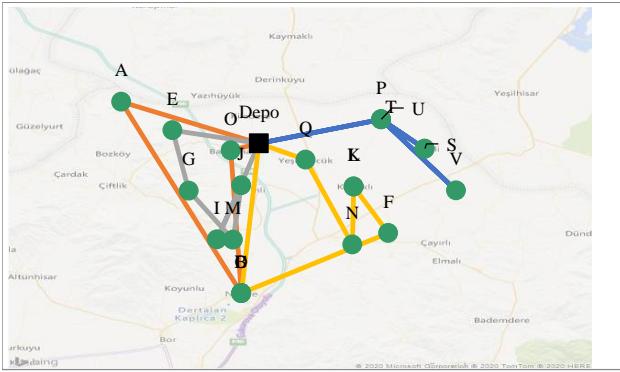
Çizelge 4. Süt toplama araç rotası, toplama zamanı ve miktarı

Table 4. Milk collection vehicle route, collection time and amount

	Durak Sayısı	Durak İsmi	Çıkış Zamanı	Varış Zamanı	Servis Süresi	Toplam Süt	Alınan Süt
Araç 1, Durak 5	0	Depo		06:00	00:00	10750	
	1	O	06:00	06:20	00:20	10750	3250
	2	D	06:20	06:47	00:47	10750	3000
	3	C	06:47	07:10	01:10	10750	2500
	4	A	07:10	07:55	01:55	10750	2000
	5	Depo	07:55		01:55	0	
Araç 2, Durak 6	0	Depo		06:00	00:00	9550	
	1	E	06:00	06:30	00:30	9550	1800
	2	G	06:30	07:03	01:03	9550	2250
	3	M	07:03	07:51	01:51	9550	2250
	4	J	07:51	08:25	02:25	9550	1500
	5	I	08:25	09:03	03:03	9550	1750
6	Depo	09:03		03:03	0		
Araç 3, Durak 7	0	Depo		06:00	00:00	13450	
	1	Q	06:00	06:23	00:23	13450	2500
	2	N	06:23	07:11	01:11	13450	1500
	3	L	07:11	07:44	01:44	13450	1250
	4	K	07:44	08:32	02:32	13450	3000
	5	F	08:32	08:59	02:59	13450	3200
	6	B	08:59	09:48	03:48	13450	2000
7	Depo	09:48		03:48	0		
Araç 4, Durak 6	0	Depo		06:00	00:00	13750	
	1	U	06:00	06:27	00:27	13750	2000
	2	V	06:27	06:56	00:56	13750	2500
	3	T	06:56	07:39	01:39	13750	3500
	4	S	07:39	08:19	02:19	13750	2500
	5	P	09:02	09:40	03:40	13750	2000
6	Depo	09:40		03:40	0		

Sütler 4 soğutuculu araç ile toplanmakta olup araçlar 5'er tonluk bölmelere sahip ve her bir araç maksimum 15 ton süt alabilmektedir. Microsoft Bing tabanlı haritalama sistemi üzerinden rotalar belirlenmiş (Microsoft Bing, 2020). Her bir üretim merkezinden sütler 15 dakika içerisinde taşıyıcı tankere aktarılacağı kabul edilmiştir. Ayrıca her bir işletmedeki servis süreleri talebin bölünebilirliğinden bağımsız ele alınmaktadır. Servis süreleri ele alınan problem açısından önemli bir kısıttır. Toplama merkezinden sütlerin süt işleyen fabrikaya taşınacağı da düşünülürse araçlar için maksimum 4 saatlik toplama süresi verilmiştir. Veri setinde kullanılan tankerlerin hızları sabit 80 km/sa. olarak belirlenmiştir. Çalıştırılan modelde, işletme bazında belirlenen tipteki sütün en kısa mesafe şartı altında toplanması için gerekli servis sürelerini vermektedir.

Toplama Merkezinden çıkan birinci toplama aracı için 1 saat 55 dakika içerisinde 4 işletmeden 10.750 litre sütün toplanacağı hesaplanmıştır. C işletmesinin sütü kalite değerleri bakımından 1. Tip olarak belirlendiği için ayrı tanka koyulmuştur. İkinci süt toplama aracı 2. tip sütleri toplarken 3. Tip olan M işletmesinin sütünü de almıştır. 3 saat 3 dakikada toplam 9.550 litre sütü toplamaktadır. Üçüncü araç ise 1. Tip B işletmesinin sütünü ayrı tanka alarak 3 saat 48 dakikada 13.450 litre sütü almaktadır. Dördüncü araç ise 4. Tip olarak belirlendiğimiz en yüksek bakteri oranına sahip sütleri aynı tankere alarak 3 saat 40 dakikada 13.750 litre sütü almaktadır. Toplama işlemi toplamda 12 saat 26 dakika sürmüştür ve yine aynı miktar olan 45.950 lt süt merkeze getirilmiştir. Bu modelde sütler bakteri miktarlarına göre ayrı tankerlerde toplanarak süt işleme tesislerinin talep ettiği ve daha yüksek ücret ödemeyi kabul ettiği sınıflara ayrılmıştır.



Şekil 3. Önerilen Süt Toplama Ağı

Figure 3. recommended milk collection network

Sonuç

Niğde ili 2018 yılı değerleri ile 349.768 ton süt üretimi ile Türkiye'de 21. sırada yer alırken, büyükbaş hayvan kültürü irki varlığı bakımından ise 154.479 adet ile 9. Sırada bulunmaktadır. Bu üretim değeri ve hayvan varlığına rağmen kaliteli üretimin göstergesi olan hastalıklardan arı işletme sayısı sadece 5 adettir. İl düzeyinde Tarım ve Orman Bakanlığı destekleri ile modern tesislerin kurulması ve kültür irklarından üretime başlanması geleceğe yönelik bu alanda umutları artırmaktadır. Tüm bu gelişmeler üretim kısmında gerçekleşirken sütün toplanması, depolanması ve işleme tesislerine ulaştırılması konusunda da çalışılması gerekmektedir. Özellikle kalite ve hijyen

esaslı bir toplama, depolama ve ulaştırma modelinin henüz uygulanmaması ve bunun eğitim ve bilinç düzeyi düşük kişilere bırakılması ürün de ve gelirden kayıplara yol açmaktadır. Süt işleme tesislerinin süt arzının fazla olduğu dönemlerde kalite ve hijyen değerleri bakımından daha da seçici olması sektörde rekabeti artırmakta ve kaliteli üretim yapan işletmeleri avantajlı hale getirmektedir. Günümüzün bu rekabetçi ortamında ürünün kalitesinin korunması ve istenen şartlarda işleme tesislerine ulaştırılması şartı, Niğde DSYB gibi aracı işletmelerin yeni çalışma modelleri bulmalarını zorunlu kılmaktadır.

Niğde DSYB'nin mevcut süt toplama planlaması en kısa yol esasına göre 11 saat 11 dakikalık sürede 49.950 lt sütü toplarken, önerilen toplama planı 1 saat 15 dakikalık fazla çalışma ile 12 saat 26 dakika tamamlanmaktadır. Her ne kadar önerilen çalışma planı süre olarak fazla olsa da, kalite ve hijyen sınıfları gözetilerek toplanan sütte litre başına işletme tesislerinden alınacak pirim bunu fazlasıyla karşılamaktadır.

Bundan sora yapılacak çalışmalarda hayvancılık işletmesinden alınan sütün nihai ürün olarak tüketiciye gidinceye kadarki süreçte izlenebilirliği oldukça önemli bir çalışma konusu olacaktır.

Kaynaklar

- Ahiler Kalkınma Ajansı. 2016. TR 71 Düzey 2 Bölgesi Süt Ve Süt Ürünleri Durum Analizi Raporu", https://www.ahika.gov.tr/assets/upload/dosyalar/2017_nigde-sut-ve-surt-urunleri-durum-analizi-final.pdf
- ASÜD. Çiğ Süt Üretimi İyi Hijyen Uygulamaları Rehberi, Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Sanayicileri Derneği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, (2010/6).
- Butler M, Williams HP, Yarrow L-A. 1997. The Two-Period Travelling Salesman Problem Applied to Milk Collection in Ireland, *Computational Optimization and Applications*, 7(3): 291-306
- Butler M, Herlihy P, Keenan PB. 2005. Integrating information technology and operational research in the management of milk collection, *Journal of Food Engineering*, 70(3): 341-349
- Caramia M, Guerriero F. 2010. A Milk Collection Problem with Incompatibility Constraints, *Interfaces*, 40(2): 130-143
- Claassen GDH, Hendriks THB. 2007. An application of Special Ordered Sets to a periodic milk collection problem, *European Journal of Operational Research*, 180(2): 754-769.
- Coelho LC, Renaud J, Laporte G. 2016. Road-based goods transportation: a survey of real-world logistics applications from 2000 to 2015, *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 54(2): 79-96.
- Dehinenet G, Mekonnen H, Ashenafi M, Emmanuelle G. 2013. Determinants of raw milk quality under a smallholder production system in selected areas of Amhara and Oromia National Regional States, Ethiopia. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 4 (1): 84-90.
- Endrizzi I, Fabris A, Biasioli F, Aprea E, Franciosi E, Poznanski E, Gasperi F. 2012. The effect of milk collection and storage conditions on the final quality of Trentingrana cheese: Sensory and instrumental evaluation", *International Dairy Journal*, 23(2): 105-114
- FAO. 2020. Gıda Güvenliği ve Beslenme Durumu, [www.fao.org/3/ca5249tr/ca5249tr.pdf_\(Erişim23 Temmuz 2020\)](http://www.fao.org/3/ca5249tr/ca5249tr.pdf_(Erişim23 Temmuz 2020))
- Hoff A, Løkketangen A. 2007. A tabu search approach for milk collection in western Norway using trucks and trailers, *Proc. Sixth Triennial Sympos. Transportation Anal.(TRISTAN VI)*, Phuket Island, Thailand

- Jones JB. 1953. Economics of Milk Distribution From Farm To Dairy, International Journal of Dairy Technology, 6 (2): 72-78
- Lahyani R, Coelho LC, Khemakhem M, Laporte G, Semet F. 2015. A multi-compartment vehicle routing problem arising in the collection of olive oil in Tunisia, Omega, 51: 1-10.
- Metin M. 2017. Süt Teknolojisi: Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. 15. Baskı, E.Ü.Mühendislik Fakültesi Yayınları, 793s, İzmir
- Microsoft Bing. 2020, Maps, <https://www.bing.com/maps>
- Niğde Valiliği, İl Brifing Raporları. 2019. Niğde.
- Pirisi A, Lauret A, Dubeuf JP. 2007. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality, Small Ruminant Research, 68 (1-2): 167-178
- Sankaran JK, Ubgade RR. 1994. Routing Tankers for Dairy Milk Pickup, Interfaces, 24(5): 59-66
- Topaloğlu D. 2019. Farklı Kalite Süt Tiplerini içeren toplama problemi için matematiksel model önerileri, Yüksek Lisans Tezi
- TÜİK. 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistiksel Tablolar ve Dinamik Sorgulama, Hayvansal Üretim İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 23 Temmuz 2020).
- USK. 2020. Dünyada ve Türkiye’de Süt Sektör İstatistikleri 2019” <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/ulusal-sut-konseyi-sut-raporu-2019-2903/> (Erişim 23 Temmuz 2020)
- Üçüncü M. 2008. A’dan Z’ye Peynir Teknolojisi. Cilt I, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 543s.
- Ünalın A, Serbest U, Çınar M, Ceyhan A, Akyol E, Şekeroğlu A, Erdem T, Yılmaz S. 2013. Niğde İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Mevcut Durumu, Başlıca Sorunları ve Çözüm Önerileri, Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi (TURJAF), Cilt 1, Sayı 2 (2013)