

Çiğ Süt Kalite Değerlendirmesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ^[1]

Aslı AKILLI ¹ Hülya ATIL ² Harun KESENKAŞ ³

^[1] Bu çalışmanın bir kısmı Uluslararası Türk ve Akarba Toplulukları Zootečni Kongresi (11-13 Eylül 2012, Isparta, Türkiye)'nde sözlü olarak sunulmuştur

¹ Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, TR- 40100 Kırşehir - TÜRKİYE

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, TR-35040 İzmir - TÜRKİYE

³ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, TR-35040 İzmir - TÜRKİYE

Makale Kodu (Article Code): KVFD-2013-9894

Özet

Gelişen toplum yapısı ile birlikte gerçek hayatta yaşanan sorunlar ve olaylara bakış açıları da değişmektedir. İnsanlar sorunlarını sahip oldukları sözel ve sayısal verileri kullanarak çözmekte ve bunun için çeşitli yöntemlerden yararlanmaktadır. Matematiksel yöntemler insanlara kesinlik içeren durumlarda sorunların çözümlenmesinde sayısal verileri analiz ederek yardımcı olurken, belirsizlik içeren durumlarda yetersiz kalabilmektedir. Son yıllarda kalite değerlendirilmesi gibi belirsizlik içeren durumlarda ortaya çıkan problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılan bulanık mantık, yapay zeka yöntemlerinden bir tanesidir. Klasik mantık teorisine göre daha esnek bir yapıya sahip olan bulanık mantık teorisi, olayları nesnelere "0" ve "1" arasında atadığı doğruluk dereceleri ile açıklamakta böylece sözel ve sayısal veriler arasında bir bağ oluşturmaktadır. Bu çalışmada, çiğ süt örneklerinin kalite sınıflarına ayrılmasını amaçlayan bulanık mantık tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Sistemin girdileri çiğ süt örneklerine ilişkin toplam bakteri sayısı, somatik hücre sayısı ve protein miktarlarının ölçülen değerleridir. Tasarlanan bulanık sistemin çıktısı ise çiğ süt kalite değerlendirmesi şeklindedir. Yapılan analizin başarısını belirlemek amacıyla uzman kararları ile karşılaştırma yapılmış ve sistemin %80 değerinde başarılı olduğu görülmüştür. Sistemin modellenmesi Matlab (sürüm R2010b) programı kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Bulanık mantık, Karar destek sistemi, Çiğ süt kalitesi

Fuzzy Logic Approach in the Evaluation of Raw Milk Quality

Summary

The problems that faced with in real life and perspective of the events change with developing structure of society. The people in the face of problem use a variety of methods with their verbal and numerical data to find solution. Mathematical methods that including precision are sufficient in the analyses of numerical data while the modeling of verbal data may be insufficient in case of uncertainty. In recent years, fuzzy logic is one of the artificial intelligence methods that used in solution of the problems which are rosed from quality evaluation situations that consists of uncertainty cases. The fuzzy logic theory that has more flexible structure than the theory of classical logic, describe the events with degree of accuracy which is between "0" and "1" appointed to object. Fuzzy logic-based decision support system offers to people a more realistic and objective perspective in decision making. In this study, fuzzy logic base decision support system which aims to classify raw milk samples in quality has been developed. System inputs are; bacteria count for milk samples, somatic cell count and values for measured protein amounts. Designed fuzzy logic output is consist of raw milk quality value measurement; in order to calculate the success of the analysis, results have been compared to specialist's decisions and due to the comparison, it noticed that the system has 80% success rate. Modeling of the system has been made via Matlab (version R2010b) programme.

Keywords: Fuzzy logic, Decision support system, Raw milk quality

GİRİŞ

Üreticiler ve tüketiciler açısından çiğ süt kalitesi, işlenen süt ürünlerinin kalitesi ve raf ömrü uzunluğu ile hayvan sağlığı gibi konularda büyük bir öneme sahiptir. Ülkemizde Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütler Tebliği

nde, çiğ sütün ısı işlem görmüş içme sütü, süt ürünleri ve süt bazlı ürünlerin imalatında kullanılan sütlerin tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretimi, depolanması, taşınması ve pazarlanmasını sağlamak üzere özelliklerinin belirlen-



İletişim (Correspondence)



+90 232 3111451



hulya.atil@ege.edu.tr

mesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çiğ süt kalitesine ilişkin bir takım standartlar bulunmaktadır ^[1]. Süt üreticileri açısından verimliliğin en önemli unsurları temiz ve kaliteli süttür. Bu kapsamda çiğ süt kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli kriterlerden bir tanesi somatik hücre sayısıdır ^[2,3]. Somatik hücre sayısının takibi ve değerlendirilmesi, hayvanların bireysel ve sürü bazında sağlık durumlarının kontrolü için büyük önem taşımaktadır. Somatik hücre; kandan süte geçmiş beyaz kan hücreleri ve meme bezi epitel hücrelerinden oluşmaktadır ^[4]. Somatik hücre sayısındaki artışlar, klinik ve subklinik mastitis (meme iltihabı) gibi önemli hastalıkların belirtisidir. Klinik mastitiste hayvanın memesinde ve sütte oluşan değişiklikler gözle görülür şekilde belirgindir ancak subklinik mastitiste durum tam tersi olduğundan dolayı somatik hücre sayısının belirlenmesi hastalık tespiti için en önemli göstergedir. Beyaz kan hücreleri hayvanın memesinde ortaya çıkan mikroplarla savaşılabilmek amacıyla meme dokusuna geçer. Memede ne kadar çok mikrop var ise somatik hücre sayısı o kadar artış gösterir. Bu durum süt ürünlerinde kalite hatalarına neden olmaktadır. Mastitis süt salgısı yapan hücreleri dolayısı ile dokuları yok eder. Yok olan dokular hastalık nedeni ile kendini yenileyemez ve bunların yerini bağ dokular alır. Somatik hücre takibi sağlıklı bir şekilde yapılmayıp gerekli önlemler alınmadığı takdirde ortaya çıkan mastitis hastalığı, süt verimini düşürüp ekonomik kayıplara neden olmakta ve aynı zamanda sürü sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir ^[5,6].

Çiğ süt kalite değerlendirmesinde bir başka önemli kriter ise sütte bulunan bakteri sayısıdır. Ahır ve sağım koşulları ile hayvanın temizliği gibi çevre etkileri sütte bulunan bakteri sayısını gerekli önemler alınmadığı takdirde önemli ölçüde etkilemektedir. Bakteri sayısındaki yüksek miktarda artışlar süütün bozulmasına neden olacağından, süütün besin değerini ve kalitesini olumsuz etkilemekte ve ekonomik anlamda ciddi kayıplara yol açmaktadır. Aynı zamanda bakteri içeren sütler tüketildiğinde insanlar ve hayvanlarda gıda zehirlenmelerine neden olabilmektedir ^[7-9].

Çiğ süt kalite değerlendirmesinde kullanılan bir diğer kriter olan proteinler, sindirimi kolay besin değeri yüksek insan beslenmesi ve yaşam kalitesi açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. Süt proteinlerinin içeriğinde insan vücudu tarafından sentezlenemeyen, mutlaka dışarıdan alınması gereken esansiyel amino asitler bulunmaktadır. Proteinler insanlar için hem enerji kaynağı hem de yapıtaşı olarak kabul edilmektedir. Proteinler süt teknolojisi açısından da büyük bir öneme sahiptir. Protein miktarı yoğurt, peynir vb. süt ürünlerinde kaliteyi oldukça yüksek düzeylerde etkilemektedir. Süt bileşiminde yer alan protein miktarı yetkili kurumlarca kontrol edilmekte ve yeterli koşullar altında üreticilere prim ödemeleri yapılabilmektedir ^[6].

Gerçekleştirilen mikrobiyolojik ve kimyasal analizlere ilişkin parametreler kullanılarak oluşturulan çeşitli model-

lemeler sayesinde çiğ süt kalitesine dair bilgiler ilgili kişilere sunulmakta ve farklı açılardan değerlendirme imkânı sağlanmaktadır. Bu modelleme yöntemlerinden bir tanesi son yıllarda tarımsal ürünlerin kalite değerlendirmelerinde sıklıkla karşılaşılmakta olan bulanık mantık yöntemidir.

Azeri asıllı bilim adamı Lotfi A. Zadeh olasılık dağılımı ile tanımlanamayan, bulanık (belirsiz) durumlar için farklı bir matematiğe ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir ^[10]. 1965 yılında bulanık mantık hakkında ilk makale olan "Fuzzy Sets" başlıklı çalışma Zadeh tarafından yapılmıştır. Zadeh, insanların düşünce yapısında çoğunlukla kesinlik taşımayan bulanık ifadelerin yer aldığını belirtmiştir. Klasik mantıktaki "0" ve "1" gibi kesin ayrımların yanı sıra, ara değerlerin de göz önünde bulundurulması gerekliliğine dikkat çekmiş ve olayların [0,1] aralığında belirli bir derece ile gösterildiğini ifade etmiştir ^[11]. Bulanık mantık teorisinin ortaya çıkışı ile birlikte özellikle insanların düşünce yapısındaki sözel verilerin işlenmesinde oldukça büyük gelişmeler sağlanmıştır. Aralık matematiği ve bulanık mantık kullanılarak oluşturulan bulanık sistemler sözel verilerden sayısal verilere geçişte bir köprü görevi görmektedir ^[12,13]. Kesin sayısal verilerle çalışıldığında klasik yöntemler kullanılabilir ancak belirsizlik ortamında ortaya çıkan sorunların çözümünde klasik yöntemler sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

Günümüz teknolojisi özellikle yapay zeka tabanlı çeşitli yazılımlar sayesinde insanların sahip oldukları algılama yeteneğinin bilgisayarlar tarafından taklit edilebilmesine ve belli ölçülerde öğrenmesine imkan sağlamaktadır. Bulanık mantık, yapay sinir ağları, uzman sistemler ve genetik algoritmalar gibi yapay zeka yöntemleri başta mühendislik ve tıp olmak üzere farklı bilim dallarında başarı ile uygulanmaktadır ^[14-16]. Son yıllarda, bulanık mantık tabanlı yöntemler belirsizlik ve nesnellüğün olduğu durumlarda, mühendislik, tıp ve biyoloji alanlarında olduğu gibi tarım ve hayvancılık alanında da başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Tıp alanında bulanık mantık yardımıyla oluşturulan bulanık uzman sistemler ve karar destek sistemleri kanser ve tümör gibi ciddi hastalıkların teşhisinde ve değerlendirilmesinde karar almak amaçlı sıklıkla kullanılmaktadır ^[17-21]. Ülkemizde oldukça yeni kullanılmaya başlanan bulanık mantık teorisi, hayvancılık alanında da gerçekleştirilen birçok başarılı çalışmaya konu olmuştur. Örneğin hayvan ıslahı ^[22,23], kızgınlık tespiti ^[24-26], mastitis ve topallık gibi hastalıkların teşhisi ^[27-30] hayvan besleme ^[31,32] çeşitli verim özelliklerinin (süt, yumurta, canlı ağırlık vb.) tahmini ve hayvansal ürünlerin kalite sınıflandırması ^[33-37] gibi alanlarda kullanılabilir.

Bu çalışmada, veri setini oluşturan çiğ süt örneklerinin mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri kullanılarak çiğ süütün yüksek kaliteli, orta kaliteli ve düşük kaliteli olmak üzere üç kalite sınıfına ayrılmasını hedefleyen bulanık mantık tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmanın materyali, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü'nde gerçekleştirilmiş bir çalışmada çiğ süte ait kuru-madde, pH, yağ, protein, Soxhlet-Henkel (°SH) asitlik değerleri, toplam bakteri sayısı (TBS), somatik hücre sayısı (SHS) parametrelerinin kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonucu ölçülen değerlerine ait verilerinden oluşmaktadır [3]. Bu çalışma kapsamında tasarlanan bulanık sistemin girdi değişkenleri somatik hücre sayısı, toplam bakteri sayısı ve protein miktarı olarak belirlenmiştir. Tasarlanan bulanık sistemin çıktısı ise çiğ süt kalite değerlendirilmesi şeklindedir. Çalışmanın analizleri Matlab (sürüm R2010b) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Metot

Bulanık sistemler, bulanık "eğer-o halde" kuralları ile yapılandırılarak oluşturulan bilgi tabanlı sistemlerdir ve doğrusal olmayan bir fonksiyondan bilgi tabanına dönüşen sistematik bir süreç sağlamaktadır [10]. Bulanık mantık teorisi sayesinde, insan uzmanların sahip olduğu bilgiler "eğer-o halde" kuralları yardımıyla bilgisayar sistemlerine işlenmektedir. Böylece doğal dil yani insanların düşüncelerinde yer alan sözel veriler başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bulanık sistemler bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım motoru (karar verme birimi), bulanıklaştırıcı ve durulaştırıcı olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. *Şekil 1*'de bulanık bir sistemin genel yapısı görülmektedir.

Bulanıklaştırma, gerçek bir değeri bulanık bir kümeye dönüştürücü olarak tanımlanmaktadır. Bunun için girdi değişkeni aralığının uygun evrensel kümeye dönüştürülmesi sağlanır ve böylece girdi değerleri uygun sözel değerlere dönüştürülmüş olur. Bulanıklaştırma aşamasında dışarıdan gelen verilerin, sistemin çıkarım mekanizması ile bulanık kural tabanındaki bilgiler kullanılarak işlenmesi amacıyla ön hazırlıklar yapılmaktadır. Bu amaçla bulanıklaştırma aşamasında çeşitli üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Uygulamalarda en fazla kullanılan üyelik fonksiyonu tipleri Üçgen, Yamuk, Çan Eğrisi, Gauss, Sigmoidal, S ve Pi(π) üyelik fonksiyonlarıdır [10,38]. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde karınca kolonisi algortiması, klonal seçim algoritması, tabu arama algoritması, genetik algoritmalar ve yapay sinir ağları gibi yapay zeka yöntemleri ile sezgisel yöntemler araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir [39-42]. Bu çalışmada ayrıntılı literatür incelemesi ve konusunda uzman kişinin görüşleri ışığında, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılmıştır.

Bulanık çıkarım kısmında, bilginin sunumu için kullanılan kural tabanı ile birlikte bir çıkarım mekanizması bulunmaktadır. Bulanık kural tabanında sisteme gelen veriler işlenmeye hazır halde getirildikten sonra "eğer-o halde" şeklinde tanımlı kurallara göre çıkarım mekanizması tarafından işlenmektedir. Burada değişkenler, üyelik fonksiyonlarının sayısı ve kuralların sayısı yer almaktadır. Tanımlanan bu parametrelere göre yapısal bir öğrenme gerçekleştirilmektedir. Bulanık çıkarım mekanizmasında bilgi çeşitli yöntemler aracılığıyla modellenmektedir. Çıkarım yöntemleri adı verilen bu yöntemler Mamdani yöntemi, Larsen yöntemi, Tsukamoto yöntemi ve Tagaki-Sugeno-Kang yöntemi şeklinde ifade edilmektedir [13,36,43]. Bu çalışmada Mamdani çıkarım yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kural yapısı,

$$\text{Eğer } X_1=A_1 \text{ ve } X_2=B_1 \text{ ise o halde } Z_1=C_1$$

$$\text{Eğer } X_1=A_2 \text{ veya } X_2=B_2 \text{ ise o halde } Z_2=C_2$$

şeklinde gösterilmektedir. Burada X_1 ve X_2 girdi değişkenlerini, Z_1 ve Z_2 ise çıktı değişkenini temsil etmektedir. A_1, B_1, A_2 ve B_2 üyelik fonksiyonları, C_1 ve C_2 ise her kuralın sonucunda çıkan bulanık sonuç kümesidir. Mamdani çıkarım yönteminde kuralların eşik değerleri hesaplanırken önce "ve (kesişim)" daha sonra "veya (birleşim)" işlemcileri kullanılmaktadır.

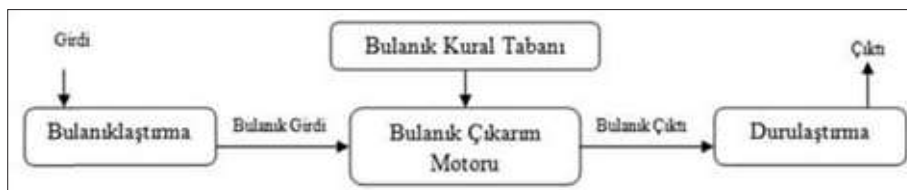
Durulaştırma kısmında, bulanık çıkarım motorunda elde edilen bulanık kümenin kesin bir değere dönüştürülmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Elde edilen bulanık kümenin, gerçek hayata tekrar uygulanması için sayısal bir değer olması gerekmektedir. En fazla karşılaşılan durulaştırma yöntemleri ağırlık merkezi yöntemi, en büyük üyelik ilkesi, ortalama en büyük üyelik, ağırlıklı ortalama yöntemi, en büyüklerin en küçüğü ve en büyüklerin en büyüğü yöntemleridir [15,38]. Bu çalışma kapsamında ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Durulaştırma değeri,

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_C(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_C(y_i)}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada y_i tanımlı çıktı değişken değerini, $\mu_C(y_i)$ çıktı değişkeninin üyelik derecesini y^* ise durulaştırma değerini temsil etmektedir.

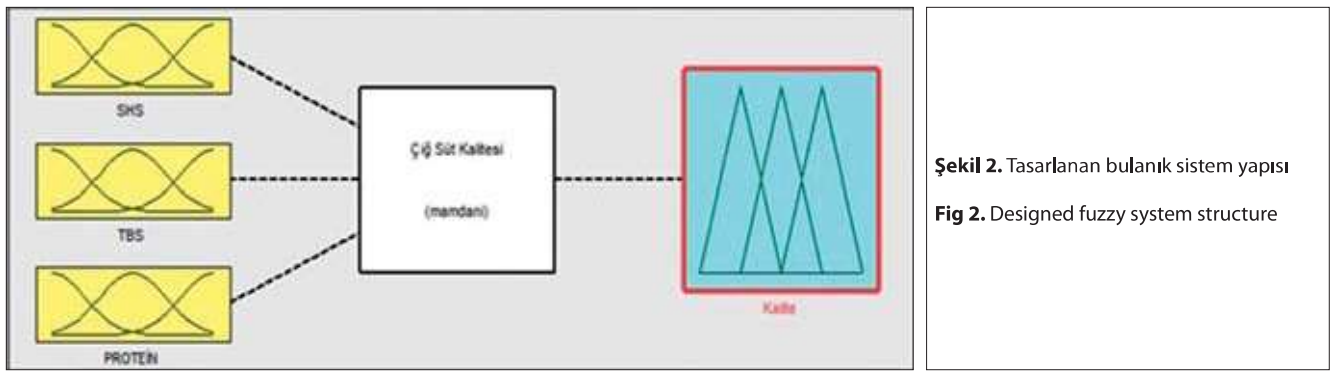
BULGULAR

Türk Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliği'ne göre [1] çiğ süt kalite standartlarında yer alan sütün

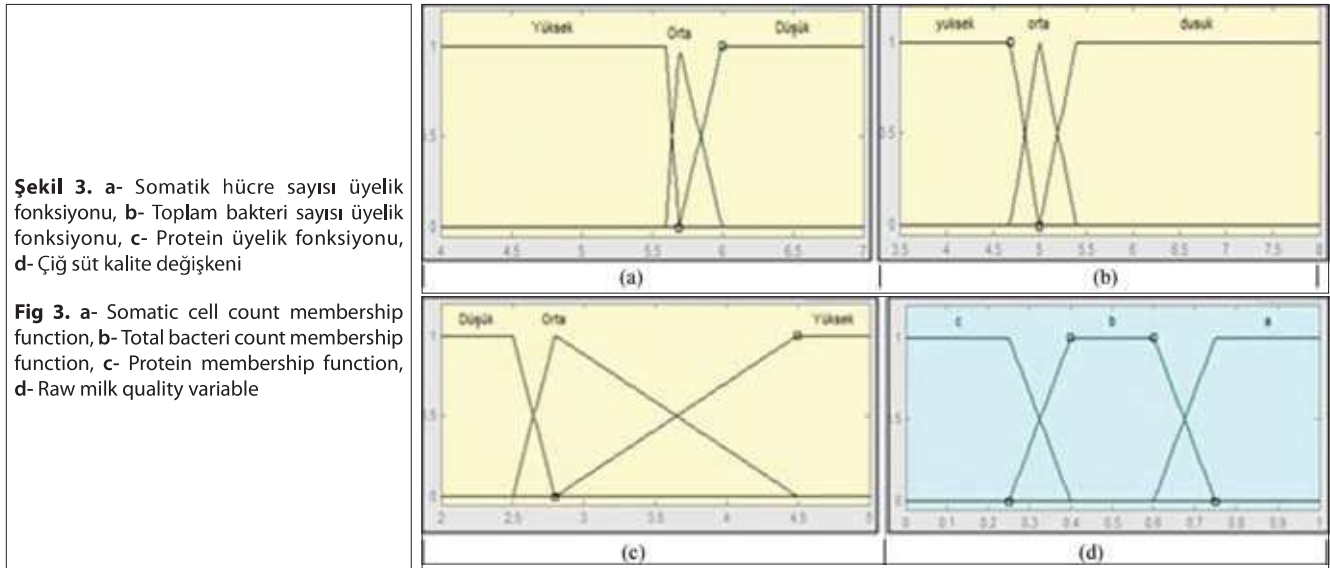


Şekil 1. Bulanık sistem yapısı

Fig 1. The structure of fuzzy system

**Tablo 1.** Girdi değişkenlerine ait kalite sınıf aralıkları**Table 1.** Quality classes of input variable

Kalite Sınıfları	Somatik Hücre Sayısı (SHS)	Toplam Bakteri Sayısı (TBS)	Protein (%)
Düşük	$x > 500.000$	$x > 100.000$	$x < 2.8$
Orta	$400.000 \leq x \leq 1.000.000$	$50.000 \leq x \leq 250.000$	$2.5 \leq x \leq 4.5$
Yüksek	$x < 500.000$	$x < 100.000$	$x > 2.8$



mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri ölçülen veriler, bulanık mantık terimleri ve karar destek sistemi yapısına göre oluşturulan kural tabanı bağlantıları ile yeniden biçimlendirilmiştir. Şekil 2'de Matlab programı kullanılarak tasarlanan bulanık sistemin genel görünümü yer almaktadır.

Bulanık sistem oluşumunun ilk aşaması olan bulanıklaştırma işlemine geçilmeden önce seçilen parametrelerin kalite sınıflarının ve sınıf aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Tablo 1'de somatik hücre sayısı, toplam bakteri sayısı ve protein olarak belirlenen girdi değişkenlerinin kalite sınıfları ile sınıf aralıkları yer almaktadır. Hesaplamalar somatik hücre sayısı ve toplam bakteri sayısının logaritması alınarak yapılmıştır.

Şekil 3-a'da somatik hücre sayısı, Şekil 3-b'de toplam bakteri sayısı, Şekil 3-c'de protein miktarı girdi değişken-

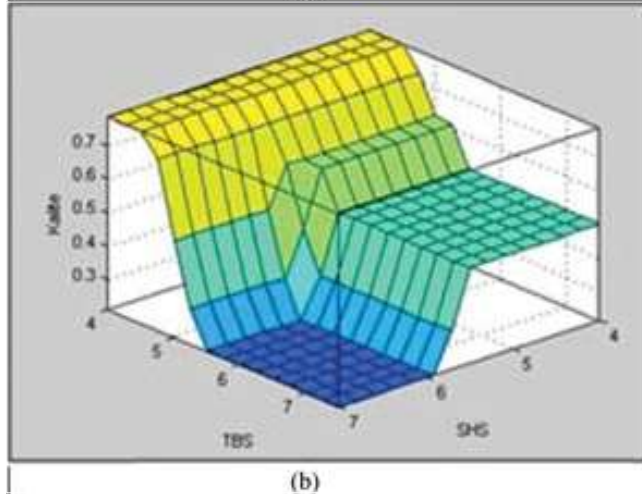
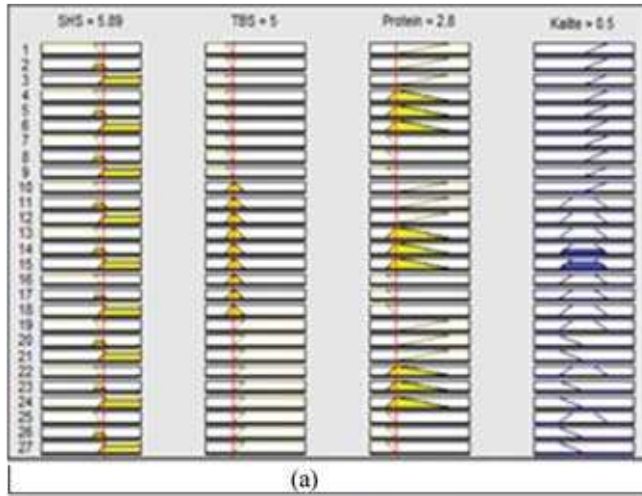
lerine ait üyelik fonksiyonlarının gösterimi yer almaktadır. Şekil 3-d'de ise çiğ süt kalite değişkenine ait çıktı fonksiyonu yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında çıkarım yöntemlerinden Mamdani yöntemi kullanılmıştır [36]. Çalışmada 27 adet "eğer-o halde" kuralı oluşturulmuştur. Kuralların sonucu kalite kararını bildirmektedir. Tablo 2'de girdi değişkenleri için oluşturulan kural tablosunun bir kısmı yer almaktadır.

Şekil 4-a'da, sonucu öngörülme istenen giriş parametreleri -örneğin SHS 5.89, TBS 5 ve protein 2.8- sisteme girildiğinde, durulaştırma işlemi neticesinde çıktı değeri 0.5 olarak elde edilmektedir. Konusunda uzman bir kişi ile oluşturulan Tablo 2'de yer alan bulanık kural tablosu incelendiğinde yukarıda belirtilen giriş parametrelerinin kural 14'ü etkilediği görülmektedir (Şekil 3 ve Tablo 2).

Tablo 2. Bulanık kural tablosu**Table 2.** Fuzzy rule table

Kural Numarası		TBS		SHS		Protein		Kalite
9	Eğer	Yüksek	Ve	Düşük	Ve	Düşük	O halde	Düşük
10		Orta		Yüksek		Yüksek		Düşük
11		Orta		Orta		Yüksek		Orta
12		Orta		Düşük		Yüksek		Orta
14		Orta		Orta		Orta		Orta
23		Düşük		Orta		Orta		Yüksek
27		Düşük		Düşük		Orta		Yüksek

**Şekil 4.** a- Kural gösterim penceresi, b- Yüzey gösterim penceresi**Fig 4.** a- Rule viewer, b- Surface viewer

Bu kuralın sonucunda yer alan ifade çığ süt örneğinin orta kalitede olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, Matlab programında gerçekleştirilen analiz sonucunda da çıktı değerinin 0.5 olarak elde edilmesi, söz konusu örneğin orta kalite sınıfında yer aldığını göstermektedir. Şekil 4-b'de toplam bakteri sayısı ve somatik hücre sayısı girdi değişkenleri ile çıktı değişkeni arasındaki ilişki üç boyutlu olarak görülmektedir.

Matlab programı kullanılarak analiz edilen veriler, konu-

Tablo 3. Çığ süt örneklerine ait veri seti ile uzman ve bulanık sistem kararları
Table 3. Raw milk sample's data set with expert's and fuzzy system's decisions

TBS (log kob/ml)	SHS (log adet/ml)	Protein (%)	Sistem Kararı	Uzman Kararı
7.03	5.76	3.74	D	D
7.22	5.8	3.29	D	D
4.26	5.04	3.26	Y	Y
4.57	4.89	3.21	Y	Y
5.70	5.90	3.02	D	O
6.03	5.90	2.67	D	O

sunda uzman kişi tarafından da değerlendirmeye alınmış ve sistem kararları ile karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Tablo 3'te, tasarlanan karar destek sisteminin kararları ile uzman kişinin kararlarının bir kısmı yer almaktadır.

Gerçekleştirilen karşılaştırma sonucunda 50 adet çığ süt örneğinin kalite sınıflarını belirlemek amacıyla oluşturulan karar destek sisteminin %80 değerinde başarı gösterdiği tespit edilmiştir. Veri setindeki örneklerde çığ süt kalitesini etkileyen en önemli değişkenin toplam bakteri sayısı olduğu gözlenmiştir. Sistem ve uzman kararlarındaki %20 değerindeki uyuşmazlığın bakteri ve somatik hücre sayılarının aşırı derecede yüksekliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Literatürde bulanık mantık yöntemi kullanılarak, çığ süt kalitesi [33,37] ve dökme tank sütü kalitesinin [35] belirlenmesine yönelik çalışmalar mevcuttur.

Harris [33] çalışmasında, bulanık mantık yöntemini kullanarak çığ süt kalitesini bileşimsel ve hijyenik açıdan ele almıştır. Bileşimsel kalite değerlendirmesi için tereyağı, yağsız kuru madde ve çığ süt örneklerindeki toplam kuru madde miktarı; hijyenik açıdan değerlendirmede ise somatik hücre ve toplam bakteri sayısı girdi değişkenleri olarak kabul edilmiştir. İki farklı veri seti üzerinde çalışan araştırmacı dört farklı kalite sınıfı oluşturarak bulanık mantık yöntemini kalite değerlendirmesinde standart teknikler

ile karşılaştırmıştır. Bu çalışmada olduğu gibi üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarını kullanılmış ve bulanık mantık yönteminin oldukça etkin olduğu sonucuna varılmıştır.

Cha ve ark.^[35] çalışmasında dökme tank sütünün mikrobiyolojik test sonuçlarına dayalı olarak, süt sığırlarından oluşan sürünün sağım uygulamalarını ve kalitesini değerlendirmek için bulanık mantık yöntemini kullanmıştır. Bu çalışmadan farklı olarak Gauss ve yamuk üyelik fonksiyonlarını kullanan araştırmacılar çıkarım yöntemlerinden Mamdani çıkarım yöntemini kullanmışlardır. Girdi değişkenleri somatik hücre sayısı, bakteri sayısı, başlangıç inkübasyon sayıları, laboratuvar pastörizasyon sayımı, *agalaktik olmayan-Streptokok* ve *Streptokok* benzeri organizmalar ile *Staphylococcus aureus* şeklindedir. Değerlendirmeler sonucunda sütü mükemmel, iyi, soğutma problemi, temizlik problemi, çevresel mastitis veya mastitis-temizlik problemi olanlar şeklinde sınıflandırmışlardır. Uzman görüşleri ile gerçekleştirilen karşılaştırma sonucunda dört farklı çıktı kategorisinde %77, altı farklı kategoride ise %83 değerinde başarı sağlandığı görülmüştür. Ayrıca sınıflandırmada en etkin girdi değişkenlerinin somatik hücre ve bakteri sayısı olduğu görüşüne de varılmıştır.

Mahreban ve ark.^[37] çiğ süt kalitesini bulanık mantık yöntemi ile mikrobiyolojik ve fizikokimyasal açıdan değerlendirmiştir. Bu amaçla kullanmış oldukları girdi değişkenleri toplam aerobik mikroorganizma sayısı, somatik hücre sayısı, koliform sayısı, yağ ve yağsız kuru madde yüzdeleridir. Çalışmalarında bu çalışmada olduğu gibi üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları, Mamdani çıkarım yöntemi ile ağırlık merkezi durulaştırma yöntemi kullanmışlardır. Beş farklı kalite sınıfı ile oluşturdukları bulanık sistemde 675 kural yer almaktadır. Sistemin performansını değerlendirmek amacıyla konusunda uzman araştırmacılar tarafından çiğ süt örneklerine kalite derecelendirmesi yapılmıştır. Bulanık sistem kararları ile gerçekleştirilen karşılaştırma sonucunda %82.5 değerinde başarı sağlandığı görülmüştür. Toplam bakteri sayısının diğerlerine göre kaliteyi belirlemede daha fazla önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada daha az girdi değişkeni ve bulanık kural ile bahsi geçen çalışmalara oldukça yakın bir sonuç elde edildiği görülmektedir. Çalışmaların sonuçları, bu çalışmanın sonucunda olduğu gibi, bulanık mantık yönteminin incelendiği alanlarda güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada tasarlanan bulanık mantık tabanlı karar destek sistemi %80 değerinde bir başarı sağlamış ve çiğ süt kalite değerlendirmesinde oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Çiğ süt kalite değerlendirmesi, hayvancılık alanında karşılan belirsizlik problemlerinden birisidir. Son yıllarda bu tip problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılan bulanık mantık yöntemi, çiğ süt kalite standartlarına klasik yöntemlere göre daha esnek bir yapı kazandırmakta ve değerlendirmelerde doğaya daha uygun bir bakış açısı sunmaktadır. Ayrıca insan uzmanların kısmen de olsa yerine geçerek zaman ve iş tasarrufu sağlamaya yardımcı olabilmektedir. Bu çalışmada ele alınan girdi değişken-

lerinden toplam bakteri sayısının diğer girdi değişkenlerine göre çiğ süt kalitesini belirlemede çok daha etkin olduğu gözlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışma bulanık mantık tabanlı karar destek sisteminin çiğ süt kalite analizinin belirlenmesinde oldukça başarılı olduğunu ve hayvancılık alanında güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. İlerleyen dönemlerde bulanık mantık yöntemi ile diğer yapay zeka yöntemleri kullanılarak oluşturulacak entegre sistemlerin hayvancılık alanında çalışan araştırmacılara farklı bakış açıları ile değerlendirme imkanı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- 1. Anonymous:** Türk gıda kodeksi çiğ süt ve ısıtılmış sütler tebliği (No: 2000/6).
- 2. Suriyasathaporn W, Vinitketkumnuen U, Chewonarin T, Boonyayatra S, Kreausukon K, Schukken YH:** Higher somatic cell counts resulted in higher malondialdehyde concentrations in raw cows' milk. *Int Dairy J*, 16 (9): 1088-1091, 2006.
- 3. Kesenkaş H, Akbulut N:** İzmir ilinde satılan sokak sütleri ile orta ve büyük ölçekli çiftliklerde üretilen sütlerin özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg*, 47 (2): 161-169, 2010.
- 4. Tekeli T:** Kaliteli süt, AB sürecinde kaliteli süt üretimi ve somatik hücre sayısı. s.8-18, *Konya Ticaret Borsası Yayını*, Konya, 2005.
- 5. Tekeli T:** Mastitis, AB sürecinde kaliteli süt üretimi ve somatik hücre sayısı. s.19-35, *Konya Ticaret Borsası Yayını*, Konya, 2005.
- 6. Metin M:** Süt Teknolojisi: Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniv. Basımevi, İzmir, 2012.
- 7. Scherrer D, Corti S, Muehlherr JE, Zweifel C, Stephan R:** Phenotypic and genotypic characteristics of *Staphylococcus aureus* isolates from raw bulk-tank milk samples of goats and sheep. *Vet Microbiol*, 101 (2): 101-107, 2004.
- 8. Akın N:** Çiğ Süt Kalitesi ve Süt İşletmelerinde Hijyen Prosedürleri. AB Sürecinde Kaliteli Süt Üretimi ve Somatik Hücre Sayısı. Konya Ticaret Borsası Yayını, s.60-76, Konya, 2005.
- 9. Yılmaz S, Gönülalan Z:** Kayseri bölgesinde tüketime sunulan çiğ sütlerde *Staphylococcus aureus* ve enterotoksin varlığının araştırılması. *Erciyes Üniv Sağlık Bil Enst Sağlık Bil Derg*, 19 (1): 26-33, 2010.
- 10. Wang L:** A Course in Fuzzy Systems and Control. Prentice Hall, New Jersey, 424 p, 1997.
- 11. Zadeh LA:** Fuzzy sets. *Inform Control*, 8 (3): 338-353, 1965.
- 12. Şen Z:** Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul, 2001.
- 13. Ross TJ:** Fuzzy Logic with Engineering Applications. John Wiley&Sons Ltd, Chichester, 628 p, 2004.
- 14. Negnevitsky M:** Artificial Intelligence, A Guide to Intelligent Systems. Pearson Education, Harlow, 415 p, 2002.
- 15. Baykal N, Beyan T:** Bulanık Mantık İlke ve Temelleri. Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 2004.
- 16. Uğur A:** Yapay Zeka. Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Yapay Zeka Ders Notları. <http://yzgrafik.ege.edu.tr/~ugur>, *Erişim tarihi:* 05.06.2011.
- 17. Hassan Md R, Hossain MM, Begg RK, Ramamohanarao K, Morsi Y:** Breast-cancer identification using HMM-fuzzy approach. *Comput Biol Med*, 40 (3): 240-251, 2010.
- 18. Esposito M, De Falco I, De Pietro G:** An evolutionary-fuzzy DSS for assessing health status in multiple sclerosis disease. *Int J Med Inform*, 80 (12): 245-254, 2011.
- 19. Anooj PK:** Clinical decision support system: Risk level prediction of heart disease using weighted fuzzy rules. *J King Saud Univ Comput Inf Sci*, 24 (1): 27-40, 2012.
- 20. Uzoka FME, Obot O, Barker K, Osuji J:** An experimental comparison

of fuzzy logic and analytic hierarchy process for medical decision support systems. *Comput Meth Prog Bio*, 103 (1): 10-27, 2011.

21. Saleh AAE, Barakat SE, Awad AAE: A fuzzy decision support system for management of breast cancer. *Int J Adv Comput Sci Appl*, 2 (3): 34-40, 2011.

22. Strasser M, Lacroix R, Kok R, Wade KM: A second generation decision support system for the recommendation of dairy cattle culling decisions. <http://www.mcgill.ca/files/animal/97r04.pdf>, Accessed: 05.06.2011.

23. Wade KM, Lacroix R, Strasser M: Fuzzy logic membership values as a ranking tool for breeding purposes in dairy cattle. *Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 11-16 Jan 1998, 27, 433-436, Armidale, Australia, 1998.

24. Firk R, Stamer E, Junge W, Krieter J: Improving oestrus detection by combination of activity measurements with information about previous oestrus cases. *Livest Prod Sci*, 82 (1): 97-103, 2003.

25. Zarchi HA, Jonsson R, Blanke M: Improving oestrus detection in dairy cows by combining statistical detection with fuzzy logic classification. http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:56420/datastreams/file_4054429/content, Accessed: 19.04.2013.

26. Memmedova N, Keskin İ: İneklerde bulanık mantık modeli ile hareketlilik ölçüsünden yararlanılarak kızgınlığın tespiti. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 17 (6): 1003-1008, 2011.

27. de Mol RM, Woldtf WE: Application of fuzzy logic in automated cow-status monitoring. *J Dairy Sci*, 84, 400-410, 2001.

28. Cavero D, Tölle KH, Buxade C, Krieter J: Mastitis detection in dairy cows by application of fuzzy logic. *Livest Prod Sci*, 105, 207-213, 2006.

29. Kramer E, Cavero D, Stamer E, Krieter J: Mastitis and lameness detection in dairy cows by application of fuzzy logic. *Livest Prod Sci*, 125, 92-96, 2009.

30. Traulsen I, Krieter J: Assessing airborne transmission of foot and mouth disease using fuzzy logic. *Expert Syst Appl*, 39 (5): 5071-5077, 2012.

31. Grinspan P, Edan Y, Kahn HE, Maltz E: A fuzzy logic expert system for dairy cow transfer between feeding groups. *Trans Am Soc Agric Eng*, 37,

1647-1654, 1994.

32. Morag I, Edan Y, Maltz E: An individual feed allocation decision support system for the dairy farm. *J Agric Engng Res*, 79 (2): 167-176, 2001.

33. Harris J: Raw milk grading using fuzzy logic. *Int J Dairy Technol*, 51 (2): 52-56, 1998.

34. Görgülü Ö: Bulanık mantık (Fuzzy Logic) teorisi ve tarımda kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Doktora Tezi*, Mustafa Kemal Üniv. Fen Bil. Enst., 2007.

35. Cha M, Park ST, Kim T, Jayarao BM: Evaluation of bulk tank milk quality based on fuzzy logic. *Proceedings of the 2008 International Conference on Artificial Intelligence*, 14-17 July 2008, pp.722-727, Las Vegas, Nevada, USA. <http://nguyendangbinh.org/Proceedings/IPC08/Papers/MLM3028.pdf>, Accessed: 05.06.2011.

36. Akkaptan A: Hayvancılıkta bulanık mantık tabanlı karar destek sistemi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniv. Fen Bil. Enst., 2012.

37. Mehraban SM, Mohebbi M, Shahidi F, Vahidian KA, Qhods RM: Application of fuzzy logic to classify raw milk based on qualitative properties. *Int J Agri Sci*, 2 (12): 1168-1178, 2012.

38. Elmas Ç: Bulanık Mantık Denetleyiciler. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003.

39. Arslan A, Kaya M: Determination of fuzzy logic membership functions using genetic algorithms. *Fuzzy Set Syst*, 118 (2): 297-306, 2001.

40. Bağış A: Determining fuzzy membership functions with tabu search an application to control. *Fuzzy Set Syst*, 139 (1): 209-225, 2003.

41. Jiang H, Deng H, He Y: Determination of fuzzy logic membership function using extended ant colony optimization algorithm. *Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*. 1, 581-585, Shandong, China, 18-20 October, 2008.

42. Acilar M, Arslan A: Optimization of multiple input-output fuzzy membership functions using clonal selection algorithm. *Expert Syst Appl*, 38 (3): 1374-1381, 2011.

43. Sivanandam SN, Sumathi S, Deepa SN: Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB. Springer, Berlin, 430 p, 2007.