



## Bulanık Mantık ile Kefir Üretimini Modellenmesi

Hüseyin Nail Akgül<sup>1\*</sup>, Filiz Yıldız Akgül<sup>2</sup>, Tuna Doğan<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı MYO, Tarım Makineleri Programı, 09100 Aydın, Türkiye

<sup>2</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, 09100 Aydın, Türkiye

<sup>3</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, 09100 Aydın, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Geliş 21 Ocak 2014  
Kabul 22 Mayıs 2014  
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

#### Anahtar Kelimeler:

Tarım  
Süt  
Kefir  
Otomasyon  
Yapay Zeka

#### \* Sorumlu Yazar:

E-mail: hakgul@adu.edu.tr

### ÖZET

Endüstriyel kefir üretiminde fermentasyon pH 4,6 ile sonlandırılmaktadır. Çalışmada kefir değişken parametreleri olarak inkübasyon sıcaklığı, kültür inokülüm oranı ve inkübasyon süresi seçilmiştir. pH değeri, geleneksel kontrol sistemlerinde deneme yöntemi ile bulunabilmektedir. Bu sistemlerde eğer girdi parametrelerinin sayısı fazla ise deneme yanılma yöntemi hem zahmetli hem de kişiye bağımlı bir sistem oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda bulanık mantık kullanılabilir. Bu modelleme çalışmasında bulanık mantık ile kontrol, iki kısım halinde incelenmiştir. Birinci kısım bulanık kurallar ve üyelik fonksiyonları, ikinci kısım ise berraklaştırmadan oluşmaktadır. Kefirin optimum üretim koşulları için inkübasyon sıcaklığı 20 ile 25°C, inkübasyon süresi 18-22 saat ve kültür inokülüm oranı %1-5 arası seçilmiştir. Inkübasyon sıcaklığı, inkübasyon süresi ve kültür inokülüm oranı değerlerini bulanıklaştırmak için 3 ayrı bulanık küme (üçgen üyelik fonksiyonu) kullanılmıştır. Giriş parametrelerine ait üyelik fonksiyonlarının sayıları 3'er tane olduğu için bu sayıların çarpılmasıyla 3x3x3=27 kural satırı elde edilmiştir. Bulanık kurallar tablosu Mamdani yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Berraklaştırma için oluşturulan üyelik fonksiyonlarından üç yamuk alanı kullanılarak, ağırlık ortalamaları yöntemi ile üyelik fonksiyonlarının değerleri bulunmuştur. Sistemin başarısı, olması gereken pH değerleri ile elde edilen sayısal değerlerin karşılaştırılmasıyla bulunacaktır. Sonuçta kefir üretiminde istenen 4,6 pH değerine ulaşmak için bulanık mantık yönteminin kullanılması ile insan iş yükü azaltılarak iş verimliliği artırılabilir. Bu durumda hem maliyetten hem de zamandan tasarruf edilmesini sağlayabilecektir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 2(6): 251-255, 2014

## Modeling of Kefir Production with Fuzzy Logic

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 21 January 2014  
Accepted 22 May 2014  
Available online, ISSN: 2148-127X

#### Keywords:

Agriculture  
Milk  
Kefir  
Automation  
Artificial Intelligence

#### \* Corresponding Author:

E-mail: hakgul@adu.edu.tr

### ABSTRACT

The fermentation is ended with pH 4.6 values in industrial production of kefir. In this study, the incubation temperature, the incubation time and inoculums of culture were chose as variable parameters of kefir. In conventional control systems, the value of pH can be found by trial method. In these systems, if the number of input parameters is greater, the method of trial and error creates a system dependent on the person as well as troublesome. Fuzzy logic can be used in such cases. Modeling studies with this fuzzy logic control are examined in two portions. The first part consists of fuzzy rules and membership functions, while the second part consists of clarify. Kefir incubation temperature between 20 and 25°C, the incubation period between 18 to 22 hours and the inoculum ratio of culture between 1-5% are selected for optimum production conditions. Three separate fuzzy sets (triangular membership function) are used to blur the incubation temperature, the incubation time and the inoculum ratio of culture. Because the membership function numbers belonging to the the input parameters are 3 units, 3x3x3=27 line rule is obtained by multiplying these numbers. The table of fuzzy rules was obtained using the method of Mamdani. The membership function values were determined by the method of average weight using three trapezoidal area of membership functions created for clarification. The success of the system will be found, comparing the numerical values obtained with pH values that should be. Eventually, to achieve the desired pH value of 4.6 in the production of kefir, with the using of fuzzy logic, the workload of people will be decreased and the productivity of business can be increased. In this case, it can be provided savings in both cost and time.

## Giriş

Fermente süt ürünleri içerisinde yoğurttan sonra en çok bilinen kefir, eski çağlardan beri Kafkasya’da üretilen ve buradan Dünya’ya yayılan sindirimi kolay, serinletici, çok az alkol içeren ve asidik bir tadı olan süt ürünüdür (Yıldız, 2009). Kefir, geleneksel ve endüstriyel olarak üretilmektedir. Geleneksel yöntemle yapılmış kefir, tüketiciler tarafından daha çok beğenildiğinden bilim insanları, bu yolla üretilen kefire yakın yapı ve tatta ürün elde etmek için modern teknikler ve yöntemler üzerine çalışmaktadır (Karagözlü ve ark., 2007).

Hafliger ve ark., (1993) geleneksel kefirin; süte %2-3 oranında dane ilavesiyle ve 10-15°C’de 24-48 saat inkübasyona bırakılarak yapıldığını belirtmişlerdir. Endüstriyel boyuttaki kefir üretiminde ise (Batı Avrupa’da); yüksek derecede pastörize edilmiş süte %1-3 oranında kültür ilave edilip ve 20-25°C’de 12-16 saat (h) inkübasyona bırakılarak elde edilmektedir. Ancak Puhan (1988) ise (Rusya, İsveç, Danimarka, İsviçre, Polonya, Norveç, Macaristan, Finlandiya ve Çekoslovakya’ daki) endüstriyel kefir üretimini şu şekilde bildirmektedir. Yağlı, yarım yağlı veya yağsız, yaklaşık %8 yağsız kurumadde içeren inek sütü homojenize edilmekte, 90-95°C’de 5-10 dakika ısıl işlem uygulanmakta, 18-20°C’ye soğutulduktan sonra %2-8 oranında kefir kültürü ile fermente edilerek aynı derecelerde inkübasyona bırakılmaktadır. İnkübasyon süresinin 18-24 saat arasında olduğunu, inkübasyon sonunda pH 4,4-4,9 ve asitlik 30-40°SH (Soxhlet Henkel) arasında değiştiğini belirtmiştir (Puhan, 1988).

Endüstriyel kefir üretimi ile ilgili farklı yöntemler bildirilmesine rağmen bütün yöntemlerde temel işlemler aynıdır. Fakat inkübasyon sıcaklığı, inkübasyon süresi, kültür inokülüm oranı ve inkübasyonun bitiş pH değeri değişebilmektedir.

İnkübasyon sıcaklığı 20°C altında olduğunda mikroorganizma aktivitesi yavaşlamakta ve buna bağlı olarak inkübasyon süresi uzamaktadır. 25°C’nin üzerinde ise, asitlik gelişimi artmakta ve kefir mikroflorasının içinde yer alan mayalar daha fazla gelişerek tat ve aroma bozukluğuna neden olmaktadır. İnkübasyon süresi 18 saatten daha az olduğunda istenilen tat-aroma ve pH değerine ulaşılamamaktadır. 22 saatten fazla inkübasyona devam edildiğinde ise optimum pH değeri olan 4,6 pH aşılmakta, asitlik artmakta ve dolayısıyla kefirin kalite kriterlerinden tat ve aroması olumsuz etkilenmektedir (Yıldız, 2009). Daha ileri düzeyde inkübasyonda ise kefirde faz ayrılması görülmektedir.

Kefirde starter kültür inokülüm oranı değişiklik gösterebilmektedir. Hafliger ve ark., (1993) kültür inokülüm oranını %1-3 arasında önerirken, Puhan (1988) bu oranı %2-8 olarak vermektedir. Kültür inokülüm miktarı ve kültür içinde yer alan mikroorganizmaların aktivitesi inkübasyon süresini ve dolayısıyla istenilen pH değerini etkilemektedir. Minimum kültür inokülüm oranından daha az starter kültür inokülasyonu inkübasyon süresini uzatmakta, maksimum kültür inokülüm oranından daha fazla starter kültür inokülasyonu ise inkübasyon süresini kısaltmaktadır. Tüm fermente ürünlerde olduğu gibi kefirde de inkübasyon bitiş pH değeri optimum 4,6

pH’dır (Tamime ve Robinson, 1999). Bu değerden düşük pH değerinde laktik asit fazla olacağı için ekşi tat ve aroma oluşacaktır. Yüksek pH değerinde ise fermentasyon tamamlanmadığı için istenilen duyuşal kalite de kefir elde edilemeyecektir.

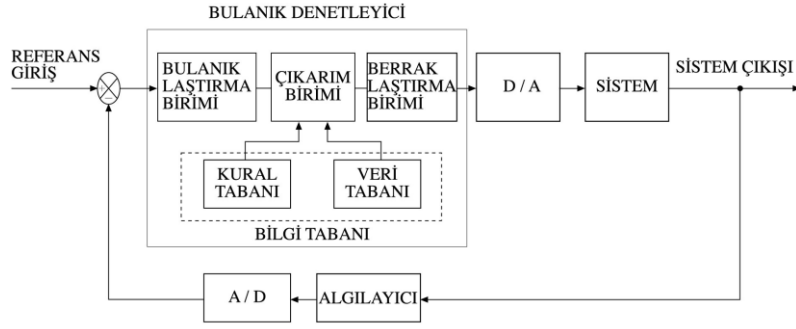
Yüksek kalitede ürün elde etmek için, uygun enstrüman seçimi, sistemdeki hataların doğru bir biçimde tespit edilmesi ve hızlı ve doğru kontrol tekniklerinin seçimi önemlidir. Uzun yıllar boyunca geleneksel yöntemlerle kontrol edilen gıda işletmelerine otomatik kontrol sistemlerinin ve akıllı bilgisayar sistemlerinin eklenmesi günümüzdeki ve gelecekteki gelişmenin belirtisidir. Bu sistemlerin kullanılmasını zorlaştıran etkenler ise hammaddenin değişken özellikte olması, yüksek kapasitelerde üretim yapılması, sistem davranışlarının doğrusal olmaması ve zamana bağlı değişimin bulunmasıdır (Linko, 1998). Karmaşık gıda sistemlerinin kontrolünde bilgisayarların ihtiyaç duyduğu kesin sınırlamalar mümkün olmadığından, dilimize “bulanık mantık” olarak geçen belirsizlikleri ya da deneyime dayalı bilgileri bilgisayara iletmeye yardımcı olan “fuzzy-logic” sistemler kullanılmaktadır (Dirim, 2010).

Bulanık mantık kararsızlık durumlarında karar vermeye olanak sağladığından elektronik eşya sanayi, robot sanayi, fizyoloji, tıp, ekonomi, biyoloji, istatistik, matematik, gıda vb. birçok alanda kontrol mekanizmaları ve karar destek sistemlerinin (KDS) oluşturulması, verilerin sınıflandırılması ve modelleme gibi farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır (Halavati ve Shouraki, 2005).

Bu çalışma kapsamında otomasyon sistemlerinde görülen gelişmelere bağlı olarak kefir üretimine etki eden faktörlerden inkübasyon sıcaklığı, inkübasyon süresi ve kültür inokülüm oranının bulanık mantık ile modellenmesi yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Bulanık mantık insanın düşünüş yapısına ve dilsel ifadelerine geleneksel mantık sistemlerinden daha çok benzemektedir. Bulanık mantık (0–1) aralığında değişen sonsuz üyelik derecelerine sahip nesnel kümesi olarak tanımlanmıştır (Zadeh, 1965). Üyelik fonksiyonu ise bir nesnenin bulanık kümeye aitlik derecesini gösteren üyelik değerinin hesaplanmasını sağlayan bir fonksiyondur (Salehi ve ark., 2000). Bulanık kontrol sistemlerinin amacı, sistemi kontrol eden uzman kişinin yerine bulanık kural tabanlı bir sistem yerleştirmektir. Bulanık denetleyici, kontrol edilen çıkışlara bağlı algılayıcılardan gelen bilgileri, dilsel değişkenlere veya bulanık üyelik fonksiyonlarına çevirir; yani bulanıklaştırır. Bulanıklaştırılan algılayıcı değerleri, kural tabanı ve veri tabanını da içeren çıkarım ünitesinde, bulanık “EĞER...ÖYLE İSE...” (IF-THEN) kurallarına göre değerlendirilerek mantıksal çıkarımlar, yani bulanık çıkışlar elde edilir. Elde edilen bu bulanık çıkış değerleri, ağırlıklı ortalama yöntemlerinden biri kullanılarak kesin bir sayısal değere çevrilir. Bu sayısal değer, bulanık kontrolden elde edilen kontrol işaretidir ve sisteme uygulanır (Boullart, 1988). Tipik bir bulanık denetleyici sisteminin genel blok diyagramı Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1 Bulanık denetleyici sistemin yapısı (Boullart, 1988; Huang ve Tomizuka, 1990)

*Kefir üretiminde bulanık mantık uygulaması*

Bulanık Mantık ile kontrol iki kısım halinde incelenecektir. Birinci kısımda bulanık kurallar ve üyelik fonksiyonlarının tanımlanması, ikinci kısımda ise berraklaştırmanın yapısı anlatılacaktır (Akgül, 2006; Akgül ve ark., 2006; Akgül ve Şimşek, 2008).

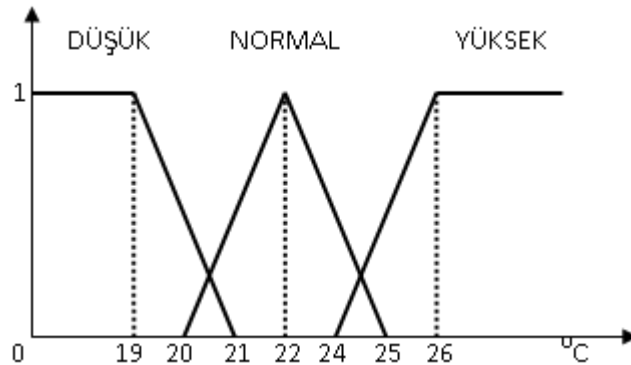
*Bulanık kurallar ve üyelik fonksiyonlarının tanımlanması*

Bulanık kontrolde giriş parametreleri olan inkübasyon sıcaklığı, inkübasyon süresi ve kültür inokülüm oranı üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanık forma dönüştürülmüştür.

Kefir üretiminde inkübasyon sıcaklığı, 20°C ile 25°C arasında seçilmiştir. Inkübasyon sıcaklığını bulanıklaştırmak için üç ayrı bulanık küme kullanılmıştır. Inkübasyon sıcaklığına ait üyelik fonksiyonlarının grafik olarak gösterimi Şekil 2’de, inkübasyon sıcaklığına ait üyelik fonksiyonlarının tanım aralığı ise Tablo 1’de verilmiştir.

Kefir üretiminde inkübasyon süresi, 18 ile 22 saat (h) arasında seçilmiştir. Inkübasyon süresi bulanıklaştırmak için üç ayrı bulanık küme kullanılmıştır. Inkübasyon süresine ait üyelik fonksiyonlarının grafik olarak gösterimi Şekil 3’de, inkübasyon süresine ait üyelik fonksiyonlarının tanım aralığı ise Tablo 2’de verilmiştir.

Kefir üretiminde kültür inokülüm oranı, %1 ile %5 arasında seçilmiştir. Kültür inokülüm oranını bulanıklaştırmak için üç ayrı bulanık küme kullanılmıştır. Kültür inokülüm oranına ait üyelik fonksiyonlarının grafik olarak gösterimi Şekil 4’de, kültür inokülüm oranına ait üyelik fonksiyonlarının tanım aralığı ise Tablo 3’de verilmiştir.

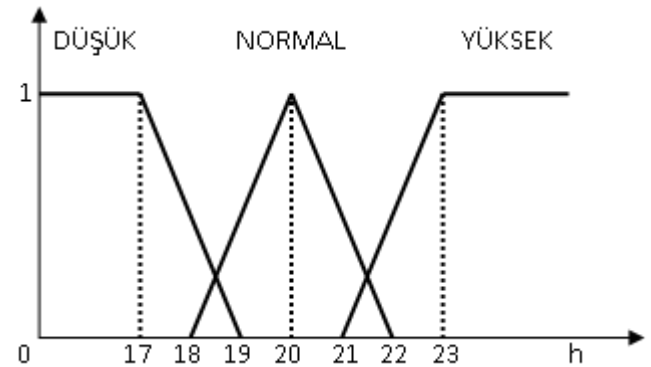


Şekil 2 Inkübasyon sıcaklık üyelik fonksiyonları

Tablo 1 Inkübasyon sıcaklığına ait üyelik fonksiyonları

(A1)	$x(1) \leq 19; A1=1;$ $(19 < x(1) \& x(1) \leq 21); A1 = ((21-x(1))/(21-19));$ $x(1) > 21; A1=0;$
(A2)	$(x(1) \leq 20) \vee (x(1) > 25); A2=0;$ $(20 < x(1) \& x(1) \leq 22); A2 = ((x(1)-20)/(22-20));$ $(22 < x(1) \& x(1) \leq 25); A2 = ((25-x(1))/(25-22));$
(A3)	$x(1) > 26; A3=1;$ $x(1) \leq 24; A3=0;$ $(24 < x(1) \& x(1) \leq 26); A3 = ((x(1)-24)/(26-24));$

(A1)=Düşük üyelik fonksiyonu  
(A2)=Normal üyelik fonksiyonu  
(A3)=Yüksek üyelik fonksiyonu



Şekil 3 Inkübasyon süresi üyelik fonksiyonları

Tablo 2 Inkübasyon süresine ait üyelik fonksiyonları

(B1)	$x(1) \leq 17; B1=1;$ $(17 < x(1) \& x(1) \leq 19); B1 = ((19-x(1))/(19-17));$ $x(1) > 19; B1=0;$
(B2)	$(x(1) \leq 18) \vee (x(1) > 22); B2=0;$ $(18 < x(1) \& x(1) \leq 20); B2 = ((x(1)-18)/(20-18));$ $(20 < x(1) \& x(1) \leq 22); B2 = ((22-x(1))/(22-20));$
(B3)	$x(1) > 23; B3=1;$ $x(1) \leq 21; B3=0;$ $(21 < x(1) \& x(1) \leq 23); B3 = ((x(1)-21)/(23-21));$

(B1)=Düşük üyelik fonksiyonu  
(B2)=Normal üyelik fonksiyonu  
(B3)=Yüksek üyelik fonksiyonu

Uygulamada bulanık setlendirmeden sonra kural tabanında kural satırının oluşturulması gerekmektedir. Kural satırı sayısının belirlenmesi, giriş parametrelerinin üyelik fonksiyonları sayılarının çarpılmasıyla hesaplanır. Giriş parametrelerine ait üyelik fonksiyonlarının sayıları 3'er tane olduğu için bu sayıların çarpılmasıyla  $3 \times 3 \times 3 = 27$  kural satırı elde edilmiştir. Bulanık Mantık işlem şemasında çıkış kısmını değerlendirebilmek için bulanık kurallar tablosunu oluşturmak gerekir. Tabloyu oluştururken kabullenmeler yapmamız gerekli olacaktır. Örneğin; inkübasyon sıcaklığı düşük (A1), inkübasyon süresi düşük (B1) ve kültür inokülüm oranı düşük (C1) olma durumuna M1 dersek, diğer bulanık kurallar Tablo 4 deki gibi olur.

Bulanık kurallar tablosunu oluştururken, örneğin M1 ifadesini bilgisayar ortamında değerlendirebilmemiz için kodlamamız gerekmektedir. Bulanık kurallar tablosundan M1'i Mamdani yönteminde tanımlamak istersek IF THEN kuralı içerisinde kullanılan bulanık VE (AND) işlemiyle tanımlayabiliriz (Kavdır ve Guyer 2003). Bu tanıma göre bulanık VE (AND) işlemi kullandığımız zaman 1 nolu eşitlikteki en küçük olan değer kullanılacaktır (Görgülü, 2007)

$$M1 = (A1 \wedge B1 \wedge C1) = \min(A1, B1, C1) \quad (1)$$

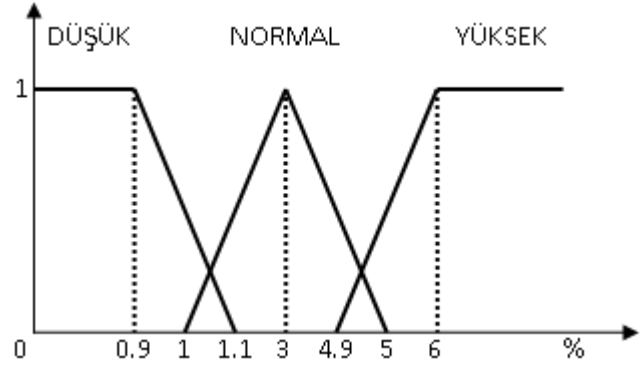
Kefir üretiminin tamamlanmasını kontrol etmekte kullandığımız makinenin istenen pH değerine ulaşabilmesi için Tablo 2'deki bulanık kuralları oluşturan "M" değerlerini sınıflandırmamız gerekmektedir. pH değerleri 4.5, 4.6 ve 4.7 olduğu için 3 sınıfa ayırabiliriz. Bu sınıfları K1, K2 ve K3 olarak adlandırabiliriz. K1, K2 ve K3 olarak adlandırdığımız pH değerlerinin hangi M değerlerinden oluşturulduğu ise Tablo 5'de verilmiştir.

pH değerleri için konum üyelik fonksiyonlarını oluşturan Tablo 3'deki K1 ifadesini bilgisayar ortamında değerlendirebilmemiz için kodlamamız gerekmektedir. Bu kodlama için herhangi bir paket program (MATLAB vb.) veya programlama dili (Delphi, C++ vb.) seçilebilir. Örneğin, Tablo 3'deki K1'i Mamdani yönteminde tanımlamak istersek IF THEN kuralı içerisinde kullanılan bulanık VEYA (OR) işlemiyle tanımlayabiliriz (Kavdır ve Guyer, 2003). Bu tanıma göre bulanık VEYA (OR) işlemi kullandığımız zaman 2 nolu eşitlikteki en büyük olan değer kullanılacaktır (Görgülü, 2007).

$$K1 = \max(M1 \ M2 \ M3 \ M4 \ M5 \ M6 \ M7 \ M8 \ M9) \quad (2)$$

Sınıflandırılan K1, K2 ve K3 pencere açıklığı konum üyelik fonksiyonları, berraklaştırma işleminde "y" değerinin bulunması için gerekli olacaktır. "y" değeri ise pH değerlerinin sonuç kararının alınmasında değerlendirilen her bir alanı hesaplamada kullanılacaktır. "y" değeri 3 nolu eşitlik yardımıyla bulunabilir (Görgülü, 2007).

$$y = [\max(K1) \ \max(K2) \ \max(K3)] \quad (3)$$



Şekil 4 Kültür inokülüm oranı üyelik fonksiyonları

Tablo 3 Kültür inokülüm oranına ait üyelik fonksiyonları

(C1)	$x(1) \leq 0,9; C1=1;$ $(0,9 < x(1)) \& (x(1) \leq 1,1); C1 = ((1,1 - x(1)) / (1,1 - 0,9));$ $x(1) > 1,1; C1=0;$
(C2)	$(x(1) \leq 1) \vee (x(1) > 5); C2=0;$ $(1 < x(1)) \& (x(1) \leq 3); C2 = ((x(1) - 1) / (3 - 1));$ $(3 < x(1)) \& (x(1) \leq 5); C2 = ((5 - x(1)) / (5 - 3));$
(C3)	$x(1) > 6; C3=1;$ $x(1) \leq 4,9; C3=0;$ $(4,9 < x(1)) \& (x(1) \leq 6); C3 = ((x(1) - 4,9) / (6 - 4,9));$

(C1)=Düşük üyelik fonksiyonu

(C2)=Normal üyelik fonksiyonu

(C3)=Yüksek üyelik fonksiyonu

#### Berraklaştırma

Şekil 5'de berraklaştırma için oluşturulan üyelik fonksiyonlarından üç yamuk alanı kullanılarak, ağırlık ortalamaları yöntemi ile üyelik fonksiyonlarının değerleri bulunacaktır.

Tablo 6'de verilen pencere açıklık durumlarına ait üyelik fonksiyonları değerlendirilerek yamuk alanları hesaplanabilir. Şekil 8'deki üç alanın ağırlık ortalaması 4 nolu eşitlikte tanımlanabilir (Görgülü, 2007).

$$wa = (sa \cdot 2 + sb \cdot 3,75 + sc \cdot 5,75) / (sa + sb + sc) \quad (4)$$

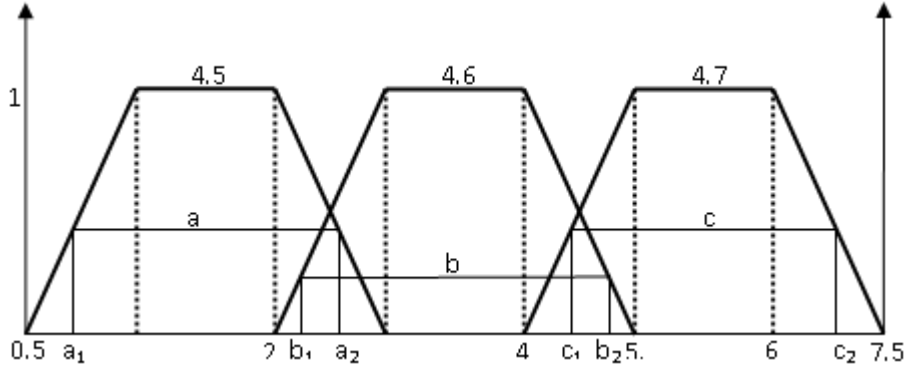
4 nolu eşitlikte; aktif olan kuralların bulanık çıkışlarına ilişkin üyelik fonksiyon değerleri ile skaler ağırlıkları çarpılarak, toplamları alınır. Bulunan değer, üyelik fonksiyon değerlerinin toplamına bölünmesiyle sayısal kontrol işareti bulunur (Lee, 1990). Karar verilen pH değerlerinin değerlendirilmesi ile sistem başarısı bulunmuş olacaktır.

#### Sonuç ve Öneriler

4 nolu eşitlik yardımıyla sonuçta net bir değer elde edilecektir. Örneğin elde edilen değer 1,30 ve 4,5 pH olsun. Bulunan değer (1,30) Şekil 5'deki yamuk alanlarından 0,5 ile 3,5 değerleri arasında olduğu görülmektedir. Bu durumda kefirin pH'ı 4,5 olacaktır. Bu durumda sistem doğru sınıflandırma yapmış olacaktır. Ama elde edilen değer 1,30 ve pH'ı 4,6 olursa sistem yanlış sınıflandırmıştır. Sistemin toplam başarısı; doğru karar sayısının, toplam karar sayısına bölünerek bulunur. Sistemin başarısını artırmak veya hatalı sınıflandırmaları azaltmak için üyelik fonksiyonları tanım aralıklarından başlamak üzere tüm sistem kontrol edilmelidir.

Tablo 4 Bulanık kural tablosu

	C1	C2	C3	A2+B1	C1	C2	C3	A3+B1	C1	C2	C3
A1+B1	M1	M2	M3	A2+B1	M10	M11	M12	A3+B1	M19	M20	M21
A1+B2	M4	M5	M6	A2+B2	M13	M14	M15	A3+B2	M22	M23	M24
A1+B3	M7	M8	M9	A2+B3	M16	M17	M18	A3+B3	M25	M26	M27



Şekil 5 Ağırıklı ortalama değerlerinin bulunması

Tablo 5 pH değerleri için konum üyelik fonksiyonları

(K1)	M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9
(K2)	M10 M11 M12 M13 M14 M15 M16 M17 M18
(K3)	M19 M20 M21 M22 M23 M24 M25 M26 M27

(K1)=1. konum üyelik fonksiyonları

(K2)=2. konum üyelik fonksiyonları

(K3)=3. konum üyelik fonksiyonları

Tablo 6 pH değerleri durumunun üyelik fonksiyonları

pH (4,5)	$a = a_2 - a_1;$ $a_1 = ((0,5 * y(1)) + 0,5);$ $a_2 = (3,5 - (1,5 * y(1)));$ $sa = (y(1) * (a + 3)) / 2$
pH (4,6)	$b = b_2 - b_1;$ $b_1 = ((1,5 * y(2)) + 2);$ $b_2 = (5,5 - (1,5 * y(2)));$ $sb = (y(2) * (b + 3)) / 2$
pH (4,7)	$c = c_2 - c_1;$ $c_1 = ((1,5 * y(3)) + 4);$ $c_2 = (7,5 - (1,5 * y(3)));$ $sc = (y(3) * (c + 3)) / 2$

Endüstriyel kefir üretiminde giriş parametre sayısı değiştiğinde istenen pH değerine ulaşmak için deneme yanılma metodunun kullanmak gerekecektir. Bu da daha fazla sayıda giriş maliyeti, daha fazla zaman ve kişisel tecrübelerle bağımlılık oluşturacaktır. Bulanık mantık ile kefir üretiminde ise insan işi yapan değil kontrol eden kişi olacağından kişiye bağımlılık minimize edilecektir. Bu sayede insan işgücü azaltılacağından iş verimliliği artırılabilir. Deneme yanılma yöntemi yerine modelleme yapılacağından, daha kısa sürede sonuçlar bilgisayar ortamında değerlendirilebilecektir. Sistemin hataları deneme yapılmadan düzeltilenecektir. Bu sayede hem girdi maliyetlerinden tasarruf hem de zamandan tasarruf sağlanabilecektir.

Bu çalışmada, sadece üç parametre (inkübasyon sıcaklığı, inkübasyon süresi ve kültür inokülüm oranı) değerlendirilmiştir. Kefir üretimine etki eden diğer faktörlerde (sütün bileşimi, sütün mikrobiyel içeriği vb.) çalışmaya dahil edilerek kefir üretiminin bulanık mantık yöntemiyle modellenmesi gerçekleştirilebilir.

## Kaynaklar

- Akgül HN. 2006. Bulanık mantık yardımıyla doğal havalandırma yapılan bir serada sıcaklık ve bağıl nem kontrolünün modellenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s 45, Çanakkale.
- Akgül HN, Kavdır İ, Dayıoğlu MA. 2006. Bulanık mantık yardımıyla doğal havalandırma yapılan bir serada sıcaklık ve bağıl nem kontrolünün modellenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2 (1); 57-63.
- Akgül HN, Şimşek E. 2008. Seralarda bulanık mantık uygulamaları. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu (BMYS'2008), 1:183-190.
- Boullart L.1988. Artificial intelligence and expert systems: Next generation tools. IFAC Industrial Processes Control Systems, p.45-51, Belgium.
- Dirim SN. 2010. Adaptif kontrol sistemleri ve gıda endüstrisindeki bazı uygulamaları. Akademik Gıda, 8 (3): 43-46.
- Görgülü Ö. 2007. Bulanık mantık (fuzzy logic) teorisi ve tarımda kullanım olanakları üzerine bir araştırma. M. K. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s. 33-34, Hatay.

- Hafliker M, Spillmann H, Puhan Z. 1993. Kefir- a fascinating cultured milk product. *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, 112 (13): 370-375.
- Halavati R, Shouraki SB. 2005. Fuzzy learning in zamin artificial World. *Fuzzy Sets and Systems*, 152 (3): 603-615.
- Huang LJ, Tomizuka M. 1990. A self-paced fuzzy tracking controller for two-dimensional motion control. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 20 (5): 1115-1124.
- Karagözlü N, Karagözlü C, Ergönül B. 2007. Survival characteristic of *E. Coli* O157:H7, *S. typhimurium* and *Stap. aureus* during kefir fermentation. *Czech Journal of Food Science*, 25 (4): 202-207.
- Kavdir İ, Guyer DE. 2003. Apple grading using fuzzy logic. *Turk J. Agric. For*, 27: 375-382.
- Lee CC. 1990. Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller-part II. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 20 (2): 419-432.
- Linko S. 1998. Expert systems-what can they do for the food industry? *Trends in Food Science and Technology*, 9: 3-12.
- Puhan Z. 1988. Resultats of questionnaire 1785B fermented milks. *Bulletin of IDF*, 227: 138-164.
- Salehi F, Lacroix R, Wade KM. 2000. Development of neuro-fuzzifiers for qualitative analyses of milk yield. *Computers and Electronics in Agriculture*, 28: 171-186.
- Tamime A.Y, Robinson, RK. 1999. *Yoghurt: Science and Technology*, Second Edition, Woodhead Publishing Ltd. and CRS pres LLC, England, p 619.
- Yıldız, F. 2009. Farklı yağ oranlarının ve farklı starter kültürlerin kefirin nitelikleri üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 200 s. Ankara.
- Zadeh LA.1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3): 338-353.