



## КЛАСИФИКАЦИЯ НА КАШКАВАЛ В ПЕРИОД НА СЪХРАНЕНИЕ ЧРЕЗ НЕЛИНЕЕН ДИСКРИМИНАНТЕН АНАЛИЗ И ЦВЕТОВИ ПРИЗНАЦИ

Мирослав Димчев Василев

**Резюме:** В доклада са представени резултати от класификация на обектни области на кашкавал в период на съхранение. Използвани са цветови признаци от четири цветови модела (RGB, HSV, Lab, XYZ) за разделяне на области с кашкавал и плесен в определен ден и отделните дни на съхранението. Използван е дискриминантен анализ с четири нелинейни разделящи функции (Квадратична, диагонална-квадратична и разстояние на Махаланобис). Точността на класификация е в рамките на 48-95% в зависимост от използваните цветови компоненти и разделяща функция.

**Ключови думи:** Кашкавал, Цветови признаци, Нелинеен дискриминантен анализ

### 1. Увод

Българският кашкавал е традиционен за нашата страна и има неповторими вкусови качества. Той е един от основните млечни продукти консумирани от населението, наред с киселото мляко, бялото саламурено сирене и както тях се използва за директна консумация, така и при изготвянето на разнообразни кулинарни изделия, в повечето от които не се подлага на допълнителна термична или друга, обезвреждаща микроорганизмите обработка [4].

Поради специфичната си структура и химичен състав кашкавалът е благоприятна среда за развитие на микроорганизми. Вторични замърсявания

## CLASSIFICATION OF YELLOW CHEESE IN STORAGE PERIOD BY NON-LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS AND COLOR FEATURES

Miroslav Dimchev Vasilev

**Abstract:** The report presents the results of classification of objects areas of yellow cheese in storage period. Color features of four color model (RGB, HSV, Lab, XYZ) are used for the separation of areas with yellow cheese mold and on different days of storage. Discriminant analysis is used with four nonlinear separating functions (quadratic, diagonal-quadratic and Mahalanobis distance). The accuracy of the classification is within 48-95%, depending on the used color components.

**Keywords:** Yellow cheese, Color features, Non-linear discriminant analysis

### 1. Introduction

Bulgarian yellow cheese is traditional for our country and has a unique taste. It is one of the main dairy products consumed by the population, along with yoghurt, white cheese and as they are used for direct consumption, and in the preparation of various culinary products, most of which are not subjected to additional heat or other microorganism decontamination treatment [4].

Because of its specific structure and chemical composition the yellow cheese is conducive environment for

могат да настъпят при добив на суровината и на различни етапи от производството и съхранението му.

Цветът е показател, често използван при оценката на качеството на млечни продукти и в частност на кашкавал в период на съхранение [2,3,4,9,10,11,12]. Измерването му може да се извърши с колориметър, камера. При някои по-нови изследвания се прилагат и допълнителните устройства към интерактивна система за презентация, каквито са документ камерите от висок клас, тъй като по технически възможности те се доближават до индустриалните видеокамери [1,5,6,7,8].

На съвременното ниво на развитие на науката и техниката се търсят методи за класификация, които използват опростени изчислителни процедури, които могат да бъдат използвани в технически средства поставяни директно на производствената линия [4,10].

В голяма част от известните литературни източници се използват класификатори с линейни разделящи функции, като Линеен дискриминантен анализ, кърнъл вариант на Метода на опорните вектори [3,4]. При избора на класификатор основните критерии, които се съблюдават са приложимост, ефективност и време за класификация, при достатъчно висока точност и по-малка грешка на класификация.

Често прилаган метод за класификация е дискриминантния анализ, използващ линейна разделяща функция. Малко са изследванията по използване на нелинейни разделящи функции при приложение на дискриминантен анализ за класификация [1,10,12].

**Целта** на настоящия доклад е да се изследва възможността за приложение на дискриминантен анализ, използващ нелинейни разделящи функции при

development of microorganisms. Secondary contamination can occur in the extraction of raw materials and in different stages of production and storage.

The color is an indicator often used in assessing the quality of dairy products, particularly yellow cheese in storage period [2,3,4,9,11,12]. Its measurement can be performed with a colorimeter, a video camera. In some more recent studies are applied the additional devices to the interactive presentation systems, such as high-end document cameras because its technical capabilities are close to industrial video cameras [1,5,6,7,8].

In contemporary level of development of science and technology are sought classification methods using simplified computational procedures that can be used in technical devices placed directly on the production line [4,10].

In most popular literary sources classifiers are used with linear separating functions such as linear discriminant analysis, kernel variant of the method of support vector machines [3,4]. In choosing the classifier main criteria to be observed are applicability, efficiency and time of classification at sufficiently high accuracy and less error of classification. Frequently used method for classification is the discriminant analysis that use linear separating function. Few are the studies on the use of nonlinear separating functions in application of discriminant analysis for classification [1,10,12].

**The aim** of this report is to examine the possibility of application of

класификация на кашкавал в период на съхранение по цветови признаци.

## 2. Материал и методи

Изследвано е изменението на повърхностните характеристики на кашкавал в период на съхранение в условия не съответстващи на тези, посочени от производителя. Измерванията са проведени при стайна температура 20-22°C и относителна влажност на въздуха RH=50-52%. Използван е кашкавал, произведен по техническа документация на производител от град Смолян, България. Получени са цветни цифрови изображения на области с кашкавал и плесен в период на съхранение от шест дни.

На фигура 1 е представен в общ вид изследвания кашкавал и изменението на повърхностните му характеристики в периода на съхранение. Наблюдават се областите с плесен, появили се в началото на ден 3.

discriminant analysis using nonlinear separating functions in the classification of yellow cheese in storage period by color features.

## 2. Material and methods

Studied the change of surface characteristics of yellow cheese in storage period in conditions not corresponding to those specified by the manufacturer. Measurements were carried out at room temperature 20-22°C and a relative humidity RH = 50-52%.

Used is yellow cheese produced of technical documentation of manufacturer of Smolyan, Bulgaria.

Color digital images have been obtained of areas with yellow cheese and mold in storage period of 6 days.

Figure 1 outlining the studied yellow cheese and amendment of the surface characteristics in the period of storage. There are areas with mold that appeared at the beginning of Day 3.



За обработка на получените данни са използвани средствата на Matlab Statistic ToolBox и Data Analysis ToolPack на MS Excel.

За класификация на получените данни за области с кашкавал и плесен е използван дискриминантен класификатор с три нелинейни разделящи функции – Квадратична, Диагонално-квадратична и разстояние на Махаланобис. Според определени характеристики на обясняващите променливи, при използвания дискриминантен анализ се

For processing the data obtained are used means of Matlab Statistic ToolBox and Data Analysis ToolPack of MS Excel.

The classification of data obtained on areas with yellow cheese and mold was used discriminant classifier with three nonlinear separating functions - Quadratic, Diagonal-quadratic, and Mahalanobis distance. According to certain characteristics of explaining variables, using discriminant analysis to seek the best

търси най-добрата нелинейна комбинация за да класифицира изучаваните обекти в две или повече групи при оптимална акуратност. За да е прецизен крайния резултат, променливите следва да бъдат независими и нормално разпределени [4].

Възможността за разделяне на обектните области с кашкавал и плесен посредством дискриминантен анализ и трите използвани разделящи функции е на база обща грешка от класификация [12], описвана с уравнението:

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{k=1}^n y_{ik} - y_{ii})}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n y_{ik}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

където  $y_{ik}$  е брой проби от клас  $i$ , класифицирани от класификатора в клас  $k$ ;  $y_{ii}$  – брой правилно разпознати проби;  $k = 1 \dots n$  – брой неправилно отнесени в даден клас  $i$  спрямо общият брой проби;  $n$  – брой класове.

### 3. Резултати и дискусия

В изследването са използвани стойностите за 12 цветови компоненти от използваните четири цветови модела. За първи, трети, четвърти и шести ден от съхранението е определена обща грешка на класификация чрез използване на трите разделящи функции на дискриминантния класификатор. Същата грешка е определена за разделяемостта на незаразени области с кашкавал и такива, заразени с плесен между отделните дни на съхранение.

На фигура 2 е представен пример за разделяемостта на данните чрез използване на разстояние на Махаланобис за плесен и незаразени области между дните 1-6 по S (HSV) и a (Lab) цветови компоненти. При използване на посочените цветови компоненти се наблюдава обща грешка от класификация в рамките на 4-5%.

non-linear combination to classify the studied objects in two or more groups at the optimum accuracy. To be precise the outcome variables should be independent and normally distributed [4].

The ability of separation of object areas with yellow cheese and mold using discriminant analysis used three separating functions is based on the common error of classification [12] described by the equation:

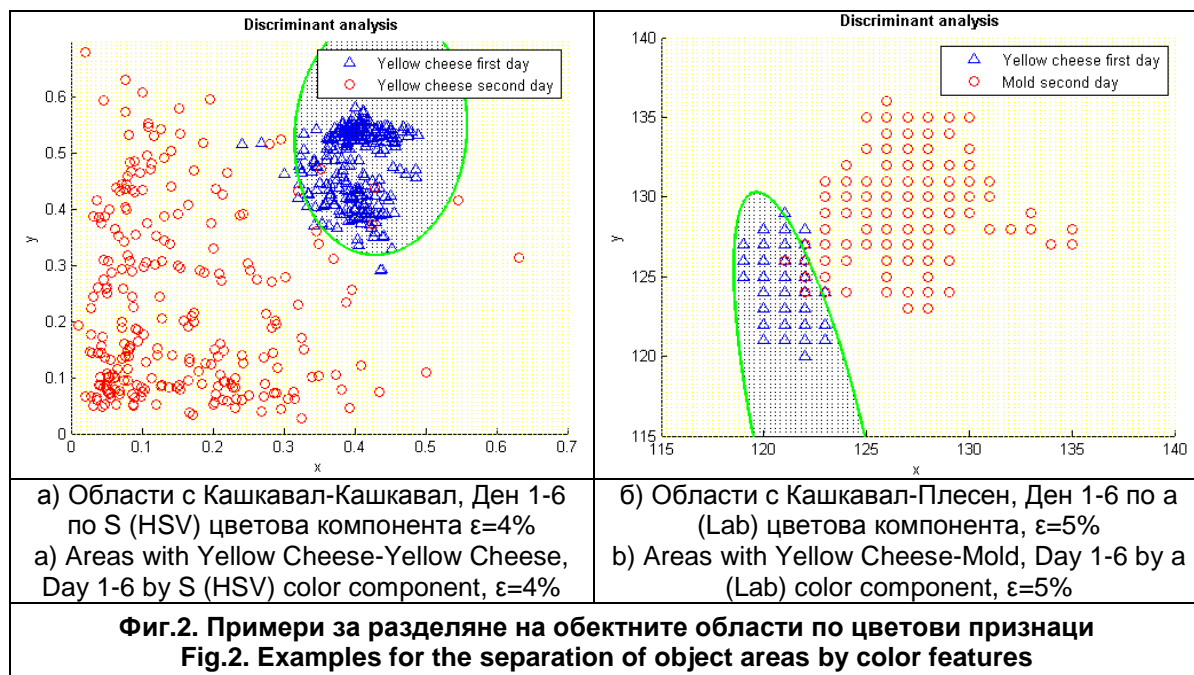
where  $y_{ik}$  is a number of samples of class  $i$ , classified by the classification in class  $k$ ;  $y_{ii}$  - number of correctly identified samples;  $k=1 \dots n$  - number of incorrectly classified as a class  $i$  to the total number of samples;  $n$  – number of classes.

### 3. Results and discussion

Color values of 12 components are used in the study from four color models.

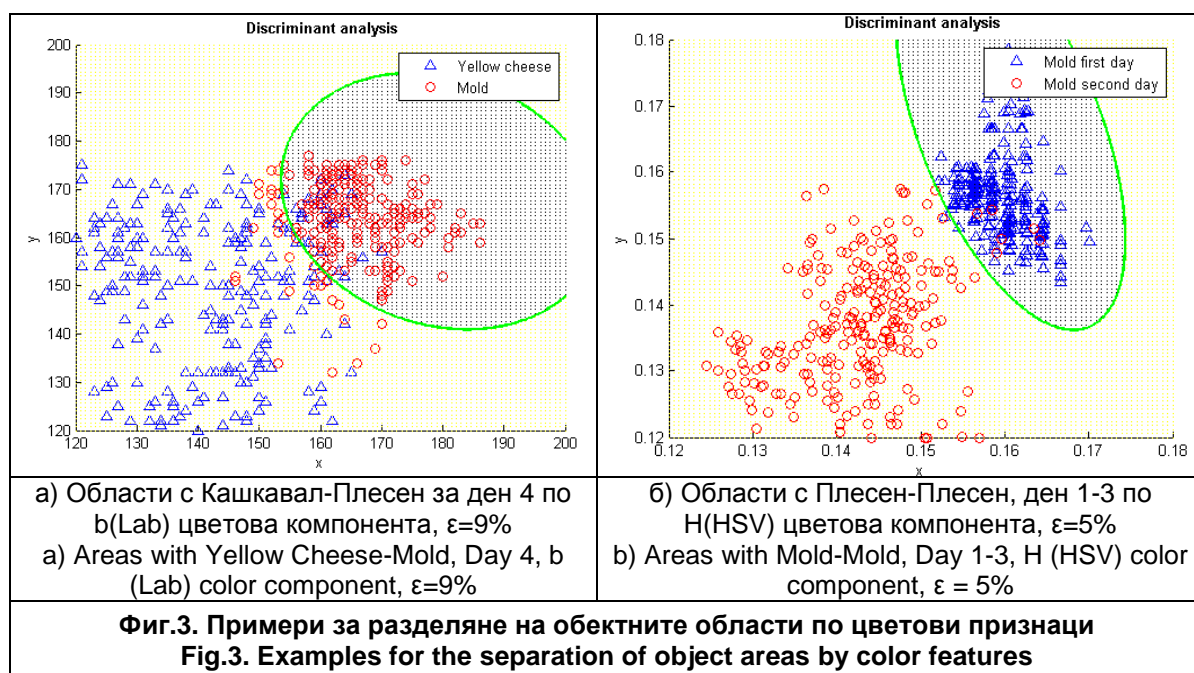
For the first, third, fourth and sixth day of storage is calculated a common error of classification using the three separating functions for discriminant classifier. The same error was determined for separability of uninfected areas with yellow cheese and those infected with mold between days of storage.

Figure 2 is an example of separability data using Mahalanobis distance for mold and uninfected areas between days 1-6 by S (HSV) and a (Lab) color components. Using those color components is observed common error of the classification within 4-5%.



На фигура 3 е представен пример за разделяемостта на данните чрез използване на разстояние на Махаланобис за плесен и незаразени области и между региони с плесен по разстояние на Махаланобис в един ден от съхранението за различни обектни области и между първи и трети ден за области с плесен при използване на b (Lab) и H (HSV) цвeтови компоненти. Общата грешка на класификация достига до 9%.

Figure 3 is an example of separability of the data using Mahalanobis distance for mold and uninfected areas and between areas with mold in one day of storage and between the first and third day for areas with mold using b (Lab) and H (HSV) color components. The common error of classification reaches 9%.



Резултатите от направената проверка за отделимост на обектни области на кашкавал и такива заразени с плесен чрез класификация са представени в таблица 1. стойности на общата грешка до 9% се наблюдават при използване на S (HSV) и b (Lab) цветовите компоненти. При останалите компоненти тази грешка е над 30%. В първите дни от съхранението не може да бъде реализирано разделяне на обектните области с кашкавал и плесен тъй като те са твърде близки по цвят, независимо коя цвотова компонента или разделяща функция се използва. Възможност за разделяне на обектните области се наблюдава за четвърти и шести ден от съхранението.

**Таблица 1.**  
**Разделимост на обектни области с кашкавал и плесен за всеки ден от съхранението**

Day (D)	Color component												
	Discriminant function	R	G	B	H	S	V	L	a	b	X	Y	Z
D1	Quadratic $\epsilon$ , %	29%	27%	25%	31%	37%	29%	28%	28%	30%	25%	24%	23%
	DiagQuadratic $\epsilon$ , %	26%	25%	28%	32%	39%	25%	26%	31%	30%	24%	25%	27%
	Mahalanobis $\epsilon$ , %	27%	26%	31%	37%	37%	26%	26%	33%	29%	26%	26%	30%
D3	Quadratic $\epsilon$ , %	29%	31%	26%	35%	30%	29%	31%	24%	28%	30%	30%	28%
	DiagQuadratic $\epsilon$ , %	27%	27%	26%	33%	32%	28%	28%	25%	28%	27%	27%	30%
	Mahalanobis $\epsilon$ , %	32%	31%	26%	22%	29%	31%	31%	24%	32%	28%	30%	25%
D4	Quadratic $\epsilon$ , %	36%	36%	21%	12%	14%	39%	36%	18%	9%	41%	40%	24%
	DiagQuadratic $\epsilon$ , %	37%	37%	21%	12%	13%	39%	38%	18%	9%	41%	40%	24%
	Mahalanobis $\epsilon$ , %	34%	35%	23%	45%	16%	34%	35%	19%	11%	36%	36%	23%
D6	Quadratic $\epsilon$ , %	40%	42%	20%	12%	9%	41%	42%	17%	7%	41%	43%	24%
	DiagQuadratic $\epsilon$ , %	42%	42%	20%	12%	9%	45%	43%	17%	7%	42%	41%	24%
	Mahalanobis $\epsilon$ , %	41%	41%	20%	22%	9%	41%	38%	16%	6%	36%	38%	23%

В таблица 2 са представени резултати от проверката за разделимост на незаразени области с кашкавал между отделните дни от съхранението. Добра отделимост с обща грешка на класификация до 5% се наблюдава между първия и останалите дни, докато при продължително съхранение в рамките на трети до шести ден обектните области не могат да бъдат разделяни с голяма точност. Това е доказано с общата грешка, която надвишава 20%. При измерванията

The results of the examination of severability of object areas of yellow cheese and those infected with the mold by classification are presented in Table 1. Values of total error to 9% were observed using S (HSV) and b (Lab) color components. In the other components this error is over 30%. In the early days of storage can not be realized division of object areas with yellow cheese and mold because they are too close in color regardless of which color component or separating function is used. Option for separation into object areas is observed for the fourth and sixth day of storage.

**Table 1.**  
**Severability of object areas with yellow cheese and mold for each day of storage**

Table 2 presents the results of the examination of Severability of uninfected areas with yellow cheese between days of storage. Good separability with a common error of the classification up to 5% was observed between the first and the remaining days, while the prolonged storage within the third to the sixth day the object areas can not be separated with high precision. This is demonstrated by the common error

се наблюдава образуване на хомогенна структура по повърхността на продукта и частично изсъхване като цвета видимо не се променя в последните дни от измерванията.

that exceeds 20%. In measurements has been observed a homogeneous structure on the surface of the product and partially drying out as the color apparently not changed in the last days of storage.

**Таблица 2.**

**Разделимост на обектни области с кашкавал между отделни дни от съхранението**

**Table 2.**

**Severability of object areas with yellow cheese between different days of storage**

Day (D)	Color component	R	G	B	H	S	V	L	a	b	X	Y	Z
	Discriminant function												
D1-D3	Quadratic $\epsilon, \%$	19%	11%	19%	3%	15%	18%	13%	5%	10%	17%	14%	22%
	DiagQuadratic $\epsilon, \%$	28%	12%	18%	3%	15%	27%	17%	5%	11%	28%	24%	21%
	Mahalanobis $\epsilon, \%$	33%	13%	43%	8%	42%	33%	17%	5%	15%	30%	18%	36%
D1-D4	Quadratic $\epsilon, \%$	25%	14%	8%	4%	7%	25%	18%	5%	5%	25%	21%	10%
	DiagQuadratic $\epsilon, \%$	31%	12%	8%	4%	7%	32%	19%	4%	5%	29%	22%	11%
	Mahalanobis $\epsilon, \%$	38%	15%	31%	48%	18%	38%	29%	4%	7%	36%	31%	37%
D1-D6	Quadratic $\epsilon, \%$	18%	13%	6%	4%	4%	19%	19%	4%	5%	22%	21%	9%
	DiagQuadratic $\epsilon, \%$	19%	17%	5%	4%	4%	21%	19%	4%	5%	23%	18%	8%
	Mahalanobis $\epsilon, \%$	24%	15%	12%	40%	4%	39%	23%	4%	5%	37%	19%	23%
D3-D4	Quadratic $\epsilon, \%$	39%	44%	28%	29%	26%	39%	41%	15%	27%	40%	43%	32%
	DiagQuadratic $\epsilon, \%$	41%	44%	28%	29%	28%	41%	42%	15%	27%	41%	44%	33%
	Mahalanobis $\epsilon, \%$	37%	43%	30%	38%	27%	38%	43%	15%	28%	39%	43%	32%
D3-D6	Quadratic $\epsilon, \%$	31%	37%	16%	18%	11%	31%	37%	18%	8%	38%	36%	22%
	DiagQuadratic $\epsilon, \%$	31%	37%	18%	17%	12%	32%	36%	18%	9%	38%	37%	23%
	Mahalanobis $\epsilon, \%$	37%	39%	18%	19%	11%	39%	38%	19%	9%	39%	39%	22%
D4-D6	Quadratic $\epsilon, \%$	39%	44%	37%	34%	32%	41%	43%	37%	28%	43%	44%	39%
	DiagQuadratic $\epsilon, \%$	39%	43%	37%	34%	32%	41%	42%	37%	29%	44%	44%	39%
	Mahalanobis $\epsilon, \%$	39%	45%	38%	34%	33%	41%	44%	39%	28%	45%	45%	42%

Проверката за разделимост на обектни области с плесен между отделните дни на съхранението на изследвания продукт показва, че е ефективно използването на H (HSV) и a (Lab) цветовете компоненти между първия и останалите дни на съхранението, тъй като общата грешка от класификация е със стойности до 5%. В останалите дни от съхранението тази грешка достига над 20% независимо от използваните цветови компоненти и разделящи функции. Това се дължи на видимото запазване на цвета на областите с плесен в периода на съхранение след четвъртия ден. Проведеното обективно изследване чрез стойностите на цветовете компоненти показва същите резултати.

Verification of Severability of object areas with mold between days of storage the test product indicates that effective use of H (HSV) and a (Lab) color components between the first and the remaining days of storage since the common error of classification has values up to 5%. In the remaining days of storage this error reaches over 20% regardless of the color components and separating functions. This is due to the apparent retention of color areas with the mold during the storage after the fourth day. Conducted an objective examination by the values of the color components showed the same results.

**Таблица 3. Severability of object areas with mold between different days of storage**

Day (D)	Color component	R	G	B	H	S	V	L	a	b	X	Y	Z
	Discriminant function												
D1-D3	Quadratic $\epsilon$ ,%	14%	14%	19%	5%	23%	14%	14%	5%	12%	14%	15%	21%
	DiagQuadratic $\epsilon$ ,%	26%	20%	23%	5%	24%	26%	22%	5%	13%	25%	24%	26%
	Mahalanobis $\epsilon$ ,%	24%	23%	36%	5%	49%	24%	23%	5%	10%	25%	24%	31%
D1-D4	Quadratic $\epsilon$ ,%	26%	17%	17%	4%	13%	26%	18%	4%	23%	20%	17%	21%
	DiagQuadratic $\epsilon$ ,%	36%	18%	17%	4%	16%	36%	26%	4%	22%	31%	27%	23%
	Mahalanobis $\epsilon$ ,%	31%	24%	37%	4%	40%	31%	27%	5%	37%	29%	20%	35%
D1-D6	Quadratic $\epsilon$ ,%	17%	15%	17%	5%	16%	16%	15%	5%	16%	16%	15%	18%
	DiagQuadratic $\epsilon$ ,%	29%	20%	20%	5%	19%	29%	22%	5%	16%	25%	25%	23%
	Mahalanobis $\epsilon$ ,%	28%	26%	39%	4%	46%	27%	27%	5%	15%	30%	28%	35%
D3-D4	Quadratic $\epsilon$ ,%	40%	42%	44%	23%	37%	40%	44%	32%	21%	45%	45%	48%
	DiagQuadratic $\epsilon$ ,%	39%	44%	43%	23%	37%	39%	42%	30%	22%	42%	42%	49%
	Mahalanobis $\epsilon$ ,%	40%	50%	44%	24%	38%	40%	44%	28%	32%	42%	42%	46%
D3-D6	Quadratic $\epsilon$ ,%	42%	49%	46%	27%	40%	43%	47%	36%	30%	45%	47%	46%
	DiagQuadratic $\epsilon$ ,%	47%	46%	45%	26%	39%	45%	47%	36%	30%	47%	49%	46%
	Mahalanobis $\epsilon$ ,%	43%	49%	48%	41%	47%	43%	47%	31%	38%	48%	45%	48%
D4-D6	Quadratic $\epsilon$ ,%	37%	41%	42%	33%	38%	37%	40%	43%	29%	40%	41%	44%
	DiagQuadratic $\epsilon$ ,%	39%	41%	44%	33%	38%	39%	40%	43%	30%	39%	42%	44%
	Mahalanobis $\epsilon$ ,%	44%	49%	45%	46%	36%	44%	48%	45%	31%	45%	48%	48%

Направена е проверка за отделимостта между обектни области с кашкавал и такива с плесен в отделните дни на съхранението. Резултатите не са показани в пълен вид, но могат да се обобщят, че както при отделянето на области само с незаразена повърхност от продукта в отделните дни и такива само с плесен се наблюдава добра разделяемост при използване на H (HSV) и a (Lab) между първия и останалите дни от съхранението с обща грешка 4-6% в зависимост от използваната разделяща функция. За останалите дни тази грешка се получава с високи стойности над 20% независимо от използваните цветови компоненти и разделящи функции на дискриминантния класификатор.

#### 4. Заключение

Изследвана е възможността за приложение на дискриминантен анализ, използващ нелинейни разделящи функции при класификация на обектни области на кашкавал в процеса на съхранение при условия, не съответстващи на

It has been made examination of separability between object areas with yellow cheese and those with mold in individual days of storage. The results are not shown in full, but can be summarized that both the separation of areas with uncontaminated surface of the product in different days and those with mold has been observed good separability using H (HSV) and a (Lab) between the first and the remaining days of storage with common error 4-6% depending upon the separating function. For the remaining days this error occurs with high values over 20% regardless of the color components and separating functions discriminant classifier.

#### 4. Conclusion

The possibility is analyzed for application of discriminant analysis using nonlinear separating functions in classification object areas of yellow cheese in the process of storage in



регламентираните от производителя.

При направеното изследване за разпознаване на обектни области по цветови компоненти едновременно в определен ден съхранението се установи, че в първите дни от съхранението по S (HSV) и b (Lab) цветовите компоненти може да бъде реализирано едновременно разграничаване на областите с обща грешка 9% с използване на нелинеен дискриминантен класификатор, използващ диагонална нелинейна разделяща функция. В останалите дни от съхранението независимо от използваната разделяща функция при нелинеен дискриминантен анализ и цвetoва компонента, общата грешка е над 20%, което прави това разграничаване на обектните области нецелесъобразно.

Направен е сравнителен анализ при разграничаване на обектните области две по две между отделните дни и се установи, че дискриминантният класификатор, използващ квадратична разделяща функция и разстояние на Махаланобис показва обща грешка над 20%. При направения анализ на резултатите се установи, че разделяща функция използваща разстоянието на Махаланобис при дискриминантния анализ е неподходящ инструмент за разграничаване на обектни области в сравнение с останалите класификационни процедури при конкретните условия на задачата.

Получените резултати показват, че за ефективно разпознаване и класификация на обектни области по кашкавал е необходимо да се търсят други по-ефективни методи. Такива могат да бъдат спектралния и хиперспектралния анализ.

### **Благодарности**

Изследванията в настоящия доклад са подкрепени по проект З.ФТТ/30.05.2016г.

conditions not complying with the regulated by the manufacturer. In this study, to identify object areas by color components simultaneously on a certain day storage was found that in the first days of storage, by S (HSV) and b (Lab) color components can be realized simultaneously defining the areas with common error 9% with the use of non-linear discriminant classifier using non-linear diagonal separating function. In the remaining days of storage regardless of the separating function in non-linear discriminant analysis and color component, the common error is above 20%, which make this distinction of object areas inappropriate.

A comparative analysis is made in distinguishing the object areas two by two across days and it is found that the discriminant classifier using a quadratic function and separating distance of Mahalanobis shows common error over 20%.

In the analysis of the results is found that the separating function using Mahalanobis distance in the discriminant analysis is inappropriate tool to distinguish of the object areas compared to other classification procedures under the particular conditions of the task.

These results indicate that for the effective identification and classification of the object areas in the yellow cheese it is necessary to look for other more efficient methods. Such can be the spectral and hyperspectral analysis.

### **Acknowledgements**

The work in this report is related to the research project of faculty of

„Безконтактни методи за оценка на основни качествени показатели на млечни продукти“.

“technics and technologies” – Yambol, Bulgaria 3.FTT/30.05.2016  
“Contactless methods for evaluation of main quality characteristics of dairy products”

## 5. Литература

## 5. References

- [1] Baycheva, S., Z. Zlatev, A. Dimitrova. (2016) Investigating the possibilities of document cameras for quality assessment of foodstuffs by measuring of color. International Conference on Virtual Learning ICVL 2016, University of Bucharest and „Babeş-Bolyai“ University of ClujNapoca, Romania, ISSN: 1844-8933 (in press)
- [2] Dimitrova, A. (2015) Analysis of SEM images of magnetically threated ceramic materials. Applied scientific journal, Innovation and entrepreneurship, vol. 3, No.4, ISSN 1314-9253, pp.35-43.
- [3] Georgieva, K., Ts. Georgieva, E. Kirilova, P. Daskalov. Classification of healthy and diseased vine leaves using color features. ARTTE, Vol. 3, No. 4, 2015, ISSN 1314-8796, pp.296-302.
- [4] Mladenov, M., St. Penchev, M. Dejanov. (2015) Complex assessment of food products quality using analysis of visual images, spectrophotometric and hyperspectral characteristics. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), No Vol. 4, ISSN 2277-3754, pp.23-32.
- [5] Nedeva, V., Z. Zlatev, S. Atanasov. (2012) Effective Resources Use for Virtual Laboratories through Cloud Computing and Services. In ICVL, The 7th International Conference on Virtual Learning, pp.322-328.
- [6] Shivacheva, G., V. Nedeva, M. Yaneva, D. Georgieva. (2015) Software for building virtual laboratories. XXIV International scientific conference “Management and quality” for young scientists, ISSN: 1314-4669, pp. 292-300.
- [7] Shivacheva, I. (2016) e-Learning as supporting technology in the pedagogical preparation. Journal of Innovation and entrepreneurship, year IV, vol.2, ISSN 1314-9180, pp.3-16.
- [8] Stoykova, V. (2014) Evaluation of the application of interactive presentation systems in higher education. ARTTE, Applied Researches in Technics, Technologies and Education, Journal of the Faculty of Technics and Technologies, Trakia University, Vol. 2, No. 3, ISSN 1314-8796, pp.286-300.
- [9] Tasev, G., K. Krastev. (2011) Exploration of mathematical model for optimization of frequency of diagnosis of the elements of machines. Proceedings of The 11th International Conference, Reliability and statistics in transportation and communication, Latvia, ISBN 978-9984-818-34-4, pp.115-119.
- [10] Zlatev, Z. (2013) Industrial applicability of computer vision systems in evaluating the quality of pork meat. ICTTE International Conference on Technics, Technologies and Education, Faculty of Technics and Technologies, Trakia University, October 30-31, pp.278-283, ISSN 1314-9474.
- [11] Zlatev, Z., J. Ilieva. (2015) Design of textile patterns by using colors from the bulgarian national costumes. ARTTE, Vol. 3, No. 4, 2015, ISSN 1314-8796, pp.309-316.
- [12] Zlatev, Z. (2014) Modeling of color changes in bread crust during baking. ICTTE International Conference on Technics, Technologies and Education, Faculty of Technics and Technologies, Trakia University, October 30-31, pp.680-685, ISSN 1314-9474.