



АНАЛИЗ НА ОБЕКТНИ ОБЛАСТИ С ХЛЯБ И ПЛЕСЕН ПО ЦВЕТОВИ ПРИЗНАЦИ И СПЕКТРАЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Татяна Динева, Росица Йорданова,
Даниела Рахнева, Пламена Иванова

Резюме: Компютърните системи с обработка на цифрови изображения и системите за обработка на спектрални характеристики намират широко приложение при анализа на хляб и хлебни изделия. С тях се постига добра точност при класификации по външни или вътрешни характеристики, а разходите за техническата реализация на системите работещи с тях са значително по-ниски в сравнение с хиперспектралните изображения. В настоящата работа са използвани методи за редуциране на обема от данни на спектралните характеристики на обектни области с хляб и плесен, както и класификатори с нелинейни разделящи функции, при което общата грешка на класификация между тези области е намалена до $\epsilon=1-7\%$. Използваните спектрални методи показват по-висока точност при разпознаване на обектни области в сравнение с използването на цветови признаци.

Ключови думи: Хляб, цветови компоненти, спектрален анализ, обектни области

1. Увод

Важен елемент, определящ качеството на хляба е неговата преснота. Изменението на преснотата му се обуславя от редица физико-химични, колоидни и структурни промени в

ANALYSIS OF OBJECT AREAS WITH BREAD AND MOLD BY COLOR AND SPECTRAL CHARACTERISTICS

Tatyana Dineva, Rositsa
Yordanova, Daniela Rahneva,
Plamena Ivanova

Abstract: Computer image and spectral processing systems are widely used in the analysis of bread and bakery products. They achieve good accuracy in external or internal classifications, and the cost of the technical implementation of the systems operating with them is significantly lower than the hyperspectral images. In the present work methods for reducing the amount of data of the spectral characteristics of bread and mold object areas, as well as classifiers with non-linear separating functions, were used, where the general classification error between these areas was reduced to $\epsilon=1-7\%$. Spectral methods used show higher accuracy in recognition of object areas than using color features.

Keywords: Bread, color components, spectral analysis, object areas

1. Introduction

An important element determining the quality of bread is its freshness. The change in freshness is due to a number of physico-chemical, colloidal and structural changes in the bread crumb.

средината. В процеса на стареене на хляба, влагата и количеството на водоразтворимите вещества намаляват, а твърдостта се увеличава [6].

При съхраняването на хляба в хлебохранилищата на производствените предприятия, в търговските обекти или в домашни условия протичат редица процеси, които се отразяват върху качеството му [4].

Това налага търсенето на нови пътища за подобряване на микро-биологичното качество на тези храни. Още повече, че с влошаване на екологичната обстановка значително се повишава нивото на осемененост на типичните за производството на хляб и тестени изделия суровини [3].

Хлябът се счита за бързо разваляща се храна, като най-често се наблюдава микробна развала. Растежът на плесенните гъби води до огромни икономически загуби и до намаляване на безопасността на хляба поради продуцирането на микотоксини. Гъбната развала на пшеничния хляб се дължи основно на плесенните гъби от род *Penicillium* (около 90%). Други плесени, които често предизвикват развала на хляба, принадлежат към родовете *Aspergillus*, *Monilia*, *Mucor*, *Endomyces*, *Cladosporium*, *Fusarium* или *Rhizopus* [2,5].

Окачествяване на хранителни продукти, определяне на свежестта и състоянието им по време на тяхното съхранение е от значение, както за добрият им вкус, така и за избягване развитието на опасни за здравето микроорганизми и бактерии.

В наши дни използването на автоматизираните системи е необходимост. Те притежават огромен потенциал, сравнително ниска цена, не голяма сложност на управлението им, бързина, висока продуктивност и широко поле на приложение.

In the aging process, the moisture and the amount of water-soluble substances decrease and the hardness increases [6].

When preserving the bread in the bread-bins of the production plants, at the commercial premises or at home, a number of processes occur which affect its quality [4]. This necessitates the search for new ways to improve the microbiological quality of these foods. Moreover, with the deterioration of the ecological situation, the insemination level of the typical products for the production of bread and bakery products [3].

Bread is considered to be a rapidly perishable food, with the most frequent microbial spoilage. The growth of mold fungi results in enormous economic losses and reduces the safety of bread due to the production of mycotoxins.

The fungal spoilage of the wheat bread is mainly due to the fungus of the genus *Penicillium* (about 90%). Other molds that often cause spoilage belong to *Aspergillus*, *Monilia*, *Mucor*, *Endomyces*, *Cladosporium*, *Fusarium* or *Rhizopus* [2,5].

Grading of food products, determining their freshness and condition during their storage is important both for their good taste and for avoiding the development of harmful microorganisms and bacteria. Nowadays the use of automated systems is a necessity. They have enormous potential, relatively low cost, no complexity of management, speed, high productivity and wide field of application.

2. Изложение

Хлябът е предразположен към бързо микробиологично разваляне, предизвикано от растежа на плесен, поради замърсяване след печене по време на охлаждане, нарязване и опаковане, което значително ограничава срока му на годност.

Окачествяване на хляба, определяне на състоянието му по време на съхранение е от значение, както за добрия му вкус, така и за избягване развитието на опасни за здравето микроорганизми и бактерии.

Сравнителният анализ на известните методи и технически средства за оценяване на промени в показателите за качество на хляб показва, че компютърните системи с обработка на цифрови изображения и системите за обработка на спектрални характеристики намират широко приложение в изследваната област. С тях се постига добра точност при класификации по външни или вътрешни характеристики, а разходите за техническата реализация на системите работещи с тях са значително по-ниски в сравнение с хиперспектралните изображения. Методите, свързани със спектрален анализ на изследваните проби са за предпочитане пред методите, основаващи се на цифрови изображения, тъй като чрез тях може да бъде получена информация както за повърхностната текстура, така и за вътрешната структура на продуктите на много ранен етап от развитието на вредна за човешкия организъм микрофлора [1,2,4,6].

При метода спектрален анализ едно от основните предимства е това, че е лесен за използване и е подходящ за откриване на вътрешни дефекти в хранителните продукти. Недостатък е неговата ограничена чувствителност към малки изменения в свойствата на обекта.

2. Exposure

Bread is prone to rapid microbiological deterioration due to mold growth due to contamination after baking during chilling, cutting and packaging which significantly limits its shelf life.

Grading the bread, determining its condition during storage is important both for its good taste and for avoiding the development of harmful microorganisms and bacteria.

The comparative analysis of the known methods and technical means for assessing changes in bread quality indicators shows that computer digital image processing systems and spectral processing systems are widely used in the area under study. They achieve good accuracy in external or internal classifications, and the cost of the technical implementation of the systems operating with them is significantly lower than the hyperspectral images.

Methods related to spectral analysis of the samples tested are preferable to methods based on digital imaging as they can obtain information on both the surface texture and the internal structure of the products at a very early stage of the development of harmful for the human organism microflora [1,2,4,6].

In the Spectral Analysis method one of the main advantages is that it is easy to use and is suitable for detecting internal defects in food products. The disadvantage is its limited sensitivity to small changes in the properties of the object.

Image acquisition, processing, and analysis systems have become

Системите за получаване, обработка и анализ на изображения са се наложили като средства, отговарящи на посочените изисквания при автоматизираната оценка на качеството на хранителни продукти и в частност хляб.

3. Анализ на обектни области с хляб и плесен по цветови признаци

Получените цветни цифрови изображения са в RGB цветови модел. Те са конвертирани към такива в HSV, Lab, LCH и CMYK модели. Направена е проверка за нормално разпределение от която са селектирани тези цветови компоненти, които имат такова. Избраните цветови компоненти са проверени за информативност – дали са подходящи за разделяне на обектни области с хляб и плесен, чрез функции на разстояние. От тези цветови компоненти са избрани информативни цветови признаци, чиято информативност е проверена чрез класификатори.

Изборът на цветови признаци е направен чрез проверка за нормално разпределение. В таблица 1 са представени резултатите от тази проверка чрез тест на Шапиро-Уилк. Резултатите показват, че четири цветови компоненти G (RGB), S (HSV) L (Lab) и L (LCH) имат нормално разпределение и за двете обектни области и те са използвани в настоящата работа. Останалите цветови компоненти, независимо от това, че при проверка на хипотеза показват разпределение, различно от нормалното, полученият p-Level е близък до зададеното $\alpha=0,05$, което показва, че те имат разпределение близко до нормалното.

За получените цветови компоненти с нормално разпределение са определени техните средна стойност, стандартно отклонение и коефициент на вариация.

a means of complying with these requirements in the automated assessment of the quality of food products and in particular bread.

3. Analysis of object areas with bread and mold by color characteristics

The resulting color digital images are in a RGB color model. They are converted to HSV, Lab, LCH and CMYK models. A normal distribution check has been made from which these color components have been selected. The selected color components have been checked for informability - whether they are suitable for separating object areas with bread and mold by distance functions. From these color components are selected informative color features, whose informativeness is checked by classifiers.

The choice of color features is done by checking for normal distribution. Table 1 presents the results of this verification through a Shapiro-Wilk test. The results show that four color components G (RGB), S (HSV) L (Lab) and L (LCH) have a normal distribution for both object areas and they are used in the present work. The remaining color components, despite hypothesis testing, show a distribution different from normal, the resulting p-Level is close to the set $\alpha=0,05$, indicating that they have a near-normal distribution.

For the resulting color components with a normal distribution, their mean value, standard deviation and coefficient of variation are determined.

Таблица 1.
Резултати от тест на Шапиро-Уилк за
нормално разпределение на цветови
компоненти

Table 1.
Shapiro-Wilk test results for
normal distribution of color
components

Обектна област Object area	Хляб Bread		Плесен Mold	
	Н	p-Level	Н	p-Level
Rrgb	0	0,00	1	0,00
Grgb	0	0,00	0	0,00
Brgb	0	0,00	1	0,00
Hhsv	1	0,00	1	0,00
Shsv	0	0,00	0	0,00
Vhsv	0	0,00	1	0,00
Llab	0	0,00	0	0,00
alab	1	0,00	1	0,00
blab	1	0,00	1	0,00
Llch	0	0,00	0	0,00
Clch	0	0,00	1	0,00
Hlch	1	0,00	1	0,00
Ccmyk	0	0,00	1	0
Mcmyk	0	0,00	1	0
Ycmyk	0	0,00	1	0
Kcmyk	0	0,00	1	0

В таблица 2 са посочени резултатите от този анализ. Вижда се, че при повечето цветови компоненти коефициентът на вариация е под 30%, докато при обектните области с плесен S (HSV) цветовата компонента има коефициент на вариация по-голям от 30%.

Table 2 lists the results of this analysis. For most color components, the coefficient of variation is less than 30%, whereas for the S (HSV) color component has a coefficient of variation greater than 30% for object areas.

Таблица 2.
Дескриптивна статистика на цветови
компоненти с нормално
разпределение

Table 2.
Descriptive statistics of color
components with normal
distribution

Обектна област Object area	Хляб Bread			Плесен Mold		
	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV
Grgb	106,61	24,62	0,23	150,99	10,81	0,07
Shsv	0,19	0,07	0,35	0,31	0,21	0,68
Llab	115,81	24,70	0,21	161,32	11,81	0,07
Llch	45,41	9,68	0,21	63,26	4,63	0,07

Mean-mean value; SD-standard deviation; CV-coefficient of variation

Направена е проверка на информативността на цветовете признаци чрез функции на разстояние. В таблица 3 са нанесени резултатите от този анализ. В редовете са нанесени функциите на

Verification of the information of the color features through distance functions has been made. Table 3 gives the results of this analysis. The rows are assigned the distance

разстояние, а в колоните цветовете компоненти.

functions, and in the columns the color components.

Таблица 3.
Резултати от проверка с функции на разстояние

Table 3.
Results of the verification for distance functions

<u>Цветова компонента</u> Color component	Grgb	Shsv	Llab	Lich
<u>Функция на разстояние</u> Distance function				
Mahalanobis	1,75	1,77	1,76	1,76
Euclidian	32,44	0,26	33,14	12,99
Cityblock	39,68	0,30	40,83	16,01
Minkowski	32,44	0,26	33,14	12,99
Chebychev	30,26	0,25	30,72	12,05
FDR	2,72	0,29	2,76	2,76

По-големи разстояния се получават за трите цветови компоненти G (RGB), L (Lab) и L (LCH). При S (HSV) цветовете компоненти се по-голямо разстояние между обектните области с хляб и плесен се получава единствено чрез функция на Махаланобис.

Larger distances are obtained for the three color components G (RGB), L (Lab) and L (LCH). In the S (HSV) color component, a larger distance between the bread and mold object areas is obtained only by a Mahalanobis function.

От избраните цветови компоненти са определени информативни цветови признаци, които са подходящи за класификация. Направено е сравнение между линеен дискриминантен анализ и метод на опорните вектори.

The color components selected are indicative color features that are suitable for classification.

Резултатите от класификацията са нанесени в таблица 4. В редовете са посочени използваните класификатори с линейна разделяща функция, а по колоните цветовете компоненти. Резултатите при класификация показват, че при използване на линеен дискриминантен анализ се получава обща грешка на класификация до 5%. При използване на метод на опорните вектори общата грешка на класификация намалява до два пъти и достига максимална стойност 2%.

A comparison between linear discriminant analysis and the support vector machines was made. The classification results are given in Table 4. In the rows are the classifiers used with a linear separating function, and on the columns the color components.

Classification results indicate that a general classification error of up to 5% is obtained using a linear discriminant analysis. By using a support vector machines method, the general classification error decreases to twice and reaches a maximum of 2%.

От този анализ са избрани следните цветови признаци S (HSV), G (RGB), L (Lab). Тези цветови признаци са подходящи за разделяне и класификация на обектни области с хляб и плесен.

The following color features S (HSV), G (RGB), L (Lab) were selected from this analysis. These color features are suitable for separating and classifying the subject areas with bread and mold.

Таблица 4.
Резултати от класификация на хляб и плесен по цветови компоненти

Table 4.
Results of classification of bread and mold by color components

<u>Цветова компонента</u> <u>Color component</u> <u>Класификатор</u> <u>Classifier</u>	Grgb	Shsv	Llab	Lich
LDA	4%	1%	5%	5%
LSVM	1%	0%	1%	2%

Получените резултати съответстват на тези, представени от други автори. Кутованчева [3] разработва допълнително устройство, работещо на оптичен принцип към интерактивна система за презентация. За тест на устройството с реални данни в работата на авторката са представени получени резултати за разделимост на обектни области с хляб и плесен по цветови признаци. Като информативни тя посочва S (HSV) и V (HSV), чрез които получава обща грешка на класификация 0-7%.

Получените в настоящата работа резултати потвърждават тези, представени в достъпната литература, като чрез избраните цветови признаци е определена обща грешка при класификация до 5%.

4. Анализ на обектни области с хляб и плесен по спектрални характеристики

На фигура 1 са представени получените спектрални характеристики на хляб и плесен и техните главни компоненти и латентни променливи. Наблюдава се отделимост на обектните области с плесен от тези на хляб. По хоризонталните оси са представени първа главна компонента и първа и втора латентни променливи, а по вертикалната втора главна компонента и трета латентна променлива, съответно. При използване на латентните променливи се наблюдава ясна разграничимост за, докато при използване на главни компоненти за хляб стойностите на главните компоненти са близки, но отново

The results obtained correspond to those presented by other authors. Kutovancheva [3] develops an additional optical device to an interactive presentation system. To test the device with real data in the author's work, results are presented for the separation of object areas with bread and mold according to their color features. As informative, it indicates S (HSV) and V (HSV), by which it receives a general classification error of 0-7%. The results obtained in the present work confirm those presented in the available literature, with a general error of classification of up to 5% determined by the selected color features.

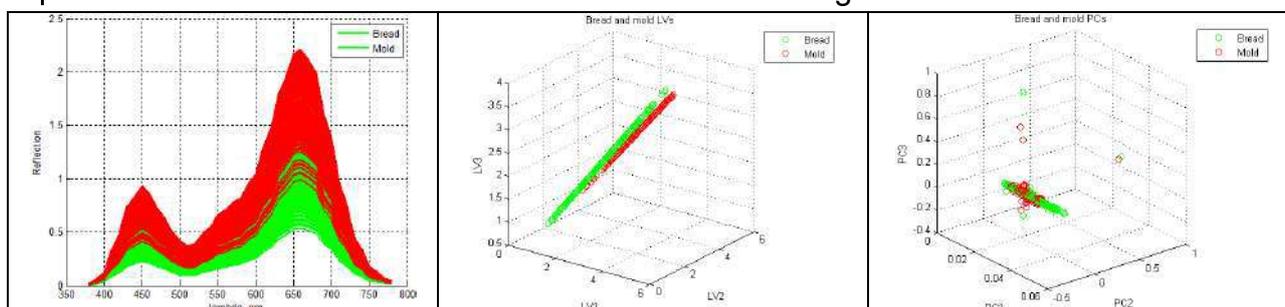
4. Analysis of object areas with bread and mold by spectral characteristics

Figure 1 shows the obtained bread and mold spectral characteristics and their principal components and latent variables. Separation of molded areas from bread is observed. Horizontal axes represent the first principal component and the first and second latent variables, and the vertical second principal component and the third latent variable, respectively. When latent variables are used, a clear differentiability is observed, while using the principal components of bread their values are close but

разграничими. Вида на отделимостта ще бъде доказан чрез разделящи функции класификация в следващите етапи на работата.

again identifiable.

The type of separability will be proven through classification in the next stages of the work.



Фиг.1. Спектрални характеристики, латентни променливи и главни компоненти на обектни области с хляб и плесен

Fig.1. Spectral characteristics, latent variables and principal components of bread and mold object areas

Направен е анализ на отделимостта на обектни области с хляб и плесен при съхранение чрез дискриминантен класификатор и метод на опорните вектори, използващи нелинейни разделящи функции. Определен е необходимият брой латентни променливи и главни компоненти за описание на данните за обектните области, представени от спектралните им характеристики. Установено е, че получените спектрални характеристики могат да бъдат редуцирани до две латентни променливи и две главни компоненти.

An analysis was made of the separability of bread and mold object areas in storage period by means of a discriminant classifier and a method of support vector machines using non-linear separating functions.

The required number of latent variables and principal components are defined to describe the object data presented by their spectral characteristics. It has been found that the obtained spectral characteristics can be reduced to two latent variables and two principal components.

В таблица 5 са нанесени получените резултати при класификация.

Table 5 lists the results obtained in classification.

Таблица 5. Обща грешка на класификация ϵ ,% в зависимост от използвания метод за редуциране на данни и класификатор

Table 5. General classification error ϵ ,% depending on data reduction method used and classifier

Класификатор Classifier	Дискриминантен анализ Discriminant analysis		Класификатор Classifier	Метод на опорните вектори Support vector machines	
	LV	PC		LV	PC
Quadratic	6%	1%	Quadratic	2%	1%
DiagQuadratic	6%	1%	Polynomial	1%	1%
Mahalanobis	7%	1%	RBF	1%	1%

Вижда се, че при използване на латентни променливи се получава обща грешка на класификация 1-6% в

It can be seen that using latent variables generates a general classification error of 1-6% depending

зависимост от използвания класификатор и разделяща функция. При използване на главни компоненти общата грешка от класификация е 1% за всички случаи.

Получените резултати са сравнени с такива, представени от други автори. Кутованчева [3] разработва допълнително устройство, работещо на оптичен принцип към интерактивна система за презентация. За тест на устройството с реални данни в работата на авторката са представени получени резултати за разделяемост на обектни области с хляб и плесен по спектрални характеристики. Авторката използва директно получените спектрални характеристики за класификация чрез линейни класификатори – дискриминантен анализ (LDA), k -най-близки съседни (kNN) и метод на опорните вектори (LSVM). Общата грешка в нейния случай е $e=32-46\%$, което показва, че използването на линейни разделящи функции при класификация на сложни по структура области с хляб и плесен е нецелесъобразно.

В настоящата работа са използвани методи за редуциране на обема от данни на спектралните характеристики на обектни области с хляб и плесен, както и класификатори с нелинейни разделящи функции, при което общата грешка на класификация между тези области е намалена до $e=1-7\%$.

5. Заключение

Системите за обработка и анализ на изображения и спектрални характеристики намират приложение при безконтактната оценка на качеството на хляб. Чрез тях се постига добра точност при класификация по външни или вътрешни характеристики.

В настоящата работа са използвани методи за редуциране на обема от данни на спектралните характеристики на обектни области с хляб и плесен, както и

on the classifier used and the separation function. When using principal components, the general classification error is 1% in all cases.

The results obtained are compared with those presented by other authors.

Kutovancheva [3] develops an additional optical interactive device to an interactive presentation system. To test the device with real data in the author's work, results are presented for the separation of bread and mold object areas by spectral characteristics. The author uses directly obtained spectral characteristics for classification through linear classifications - discriminant analysis (LDA), k -nearest neighborhoods (kNN) and support vector machines (LSVM) method. The general error in its case is $e=32-46\%$, indicating that the use of linear separating functions in classifying complex bread and mold areas is inappropriate.

In the present work methods for reducing the amount of data of the spectral characteristics of bread and mold object areas, as well as classifiers with non-linear separating functions, were used, where the general classification error between these areas was reduced to $e=1-7\%$.

5. Conclusion

Image and spectral characteristics processing and analysis systems are used in the non-contact assessment of bread quality. They achieve good accuracy in classification by external or internal characteristics.

In the present work methods for reducing the amount of data of the spectral characteristics of bread and mold object areas, as well as

класификатори с нелинейни разделящи функции, при което общата грешка на класификация между тези области е намалена до $e=1-7\%$. Използваните спектрални методи показват по висока точност при разпознаване на обектни области в сравнение с използването на цветови признаци.

classifiers with non-linear separating functions, were used, where the general classification error between these areas was reduced to $e = 1-7\%$.

Spectral methods used show higher accuracy in recognition of object areas than using color components.

6. Литература

- [1] Baycheva, S., Z. Zlatev, A. Dimitrova (2016). Investigating the possibilities of document cameras for quality assessment of foodstuffs by measuring of color, ICVL, pp.204-208
- [2] Chonova, V., R. Chochkov (2015). Determination of relationships between some methods for bread freshness, Proceedings of University of Rousse, vol.54, No.10.2, pp.186-189
- [3] Kutovancheva, G. (2016). Improvement of interactive presentation system with additional device for image recognition, Innovation and entrepreneurship, Vol.IV, No.1, ISSN 1314-9253, pp.44-57
- [4] Su W-H., H-J. He, D-W Sun (2017). Non-Destructive and rapid evaluation of staple foods quality by using spectroscopic techniques: A review, Critical reviews in food science and nutrition, Vol.57, No.5, pp.1039-1051
- [5] Su, W-H., D.-W. Sun (2017). Evaluation of spectral imaging for inspection of adulterants in terms of common wheat flour, cassava flour and corn flour in organic Avatarwheat (*Triticum* spp.) flour, Journal of Food Engineering, vol.200, pp.59-69
- [6] Zlateva, D., G. Karadzhov (2011). A study on the effect of the flour type and some additives on the staling of bread, Izvestiya – Journal of University of economics Varna, No. 1, ISSN 2367-6957, pp.61-72

6. References

Контакти:

Татяна Динева

Тракийски Университет – Стара Загора
Факултет Техника и технологии
e-mail: tatana826@gmail.com

Contacts:

Tatyana Dineva

Trakia university – Stara Zagora
Faculty of Technics and technologies
e-mail: tatana826@gmail.com