



ОПРЕДЕЛЯНЕ ВРЕМЕТО ЗА УСТАНОВЯВАНЕ ПРОЦЕСА НА ИЗМЕНЕНИЕ НА ЦВЕТОВИ ПРИЗНАЦИ И СПЕКТРАЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СИРЕНЕ И КАШКАВАЛ ПРИ СЪХРАНЕНИЕ

Мирослав Василев, Иван Бинев

Резюме: Съставът на млечните продукти, както и тяхната годност са от съществено значение за млекопреработването, за управлението на млекодобиващите ферми. Органолептичните методи за диагностициране на болестни състояния в резултат на бактериални инфекции при съхранение на млечните продукти са субективни и зависят от квалификацията и опита на оценяващия. Това налага разработването на нови методи за експресно, неразрушително и обективно диагностициране. Оптичните методи като обработка на визуални изображения и спектрални характеристики могат да бъдат алтернатива на класическите химически и микробиологични методи за анализ на мляко и млечни продукти. Направена е проверка на възможността за използване на цветови признаци и спектрални характеристики за проследяване на изменението по повърхността на сирене и кашкавал, съхранявани в условия, несъответстващи на тези, посочени от производителя, като се определи времето за установяване на процеса на изменение на тези характеристики.

Ключови думи: Млечни продукти, Цветови компоненти, Спектрални характеристики, Модели, Съхранение

1. Увод

През последните години, при развитието на технологиите за производство на млечни продукти качеството и годността им става

DETERMINING THE TIME FOR ESTABLISHING THE PROCESS OF CHANGE OF COLOR FEATURES AND SPECIAL CHARACTERISTICS OF WHITE BRINED CHEESE AND YELLOW CHEESE

Miroslav Vasilev, Ivan Binev

Abstract: The composition of dairy products, as well as their suitability, are essential for dairy processing, for the management of milk-producing farms. Organoleptic methods for diagnosing disease states as a result of bacterial infections when storing dairy products are subjective and depend on the qualifications and experience of the assessor. This requires the development of new methods for rapid, non-destructive and objective diagnosis. Optical methods such as visual images and spectral characteristics processing can be an alternative to classic chemical and microbiological methods for milk and dairy products analysis. An examination was made of the possibility of using color and spectral characteristics to track the change in the surface of white brined cheese and yellow cheese stored in conditions not in accordance with those specified by the manufacturer, by specifying the time to establish the process of changing of those characteristics.

Keywords: Dairy products, Color components, Spectral characteristics, Models, Storage

1. Introduction

In recent years, in the development of dairy technology, quality and fitness are of increasing importance. The

въпрос от все по-голяма важност. Съставът на млечните продукти, както и тяхната годност са от съществено значение за млекопреработването, за управлението на млекодобиващите ферми [9].

Органолептичните методи за диагностициране на болестни състояния в резултат на бактериални инфекции при съхранение на млечните продукти са субективни и зависят от квалификацията и опита на оценяващия. Това налага разработването на нови методи за експресно, неразрушително и обективно диагностициране.

Оптичните методи като обработка на визуални изображения и спектрални характеристики могат да бъдат алтернатива на класическите химически и микробиологични методи за анализ на мляко и млечни продукти.

От достъпната литература [2,4,5,7,10] са известни изследвания свързани с проследяване изменението на цветови и текстурни, спектрални и хиперспектрални характеристики на млечни продукти и в частност сирене и кашкавал, както и връзката на тези характеристики с физико-химични и органолептични показатели на продуктите. Изследванията са основно в условия на съхранение, посочени от производителя – в хладилни условия. По-малко са достъпните публикации, свързани със съхранение на продуктите в условия, несъответстващи на тези, посочени от производителя [6].

Целта на статията е да се направи проверка на възможността за използване на цветови признаци и спектрални характеристики за проследяване на изменението по повърхността на сирене и кашкавал, съхранявани в условия, несъответстващи на тези, посочени от производителя, като се определи времето за установяване на процеса на изменение на тези характеристики.

composition of dairy products and their suitability are essential for dairy processing, for the management of milk-producing farms [9].

Organoleptic methods for diagnosing disease states as a result of bacterial infections when storing dairy products are subjective and depend on the qualifications and experience of the assessor. This requires the development of new methods for rapid, non-destructive and objective diagnosis.

Optical methods such as visual images and spectral characteristics can be an alternative to classic chemical and microbiological methods for milk and dairy products analysis.

From the available literature [2,4,5,7,10] there are known studies related to the tracking of the color and texture, spectral and hyperspectral characteristics of dairy products, in particular white brined cheese and yellow cheese, as well as the connection of these characteristics with physico-chemical and organoleptic indicators of the products.

Studies are mainly under storage conditions specified by the manufacturer in refrigeration conditions.

Fewer are available publications related to storage in conditions that do not conform to those specified by the manufacturer [6].

The aim of the paper is an examination of the possibility of using color and spectral characteristics to track the change in the surface of white brined cheese and yellow cheese stored in conditions not in accordance with those specified by the manufacturer, by specifying the time to establish the process of changing of those characteristics.

2. Материал и методи

Пробите са закупени от търговската мрежа. Използвано е сирене по собствена технология и такова, произведено по БДС 15:2010. Кашкавалът е също по собствена технология и такъв по БДС 14:2010.

След разопаковане са оставени за 2 часа и са направени първите снемания на изображения и спектрални характеристики във видимата спектрална област.

Съхранението на пробите е при стайна температура 20-22°C, върху дървени скари с перфориран полиетилен и покрити с такъв. Съхранението и измерванията са за период от 16 дни при условия, несъответстващи на посочените от производителя (0-4°C).

Използван е цифров фотоапарат Samsung Digimax 250 със сериен номер 34603308. Получени са изображения с размер 1600x1200 пиксела. Настройките на устройството са по подразбиране. При заснемане е използвана светкавица.

За формиране на спектрални характеристики на обектни области е използван пълния спектър на изображението [1,3,8].

Площ под крива. За описание на спектралните характеристики на обектните области е използван коефициент „площ под крива“ (AUC) [11].

Критерият площ под крива (AUC) се използва при идентификацията на процеси, за тяхното сравнение. Тя се дефинира в интервала [a,b] като:

$$AUC = \int_a^b f(x)dx \quad (1)$$

Приложение на първа производна на функция. Като критерий за определяне на установяването на стойностите на цветови компоненти или коефициенти, описващи спектрални характеристики е избран достигането на нулевата ос от първата производна.

2. Material and methods

Samples are purchased commercially. White brined cheese used is by own technology of the manufacturer and such produced by BDS 15:2010. The yellow cheese is also by own technology of the manufacturer and by BDS14: 2010.

After unpacking, they were left for 2 hours and the first images and spectral characteristics are made in the visible spectral range.

Samples storage is at room temperature 20-22°C, on wooden grids with perforated polyethylene and covered with it. Storage and measurements are for a period of 16 days under conditions that do not match those specified by the manufacturer (0-4°C).

A digital camera Samsung Digimax 250 with serial number 34603308 is used. Images with 1600x1200 pixels were received. Device settings are the default. When shooting, a flash is used.

The full spectra of the image [1,3,8] is used to form spectral characteristics of object areas.

Area under curve. For the description of the spectral characteristics of the object areas, an area under curve (AUC) is used [11]. The area under curve criterion (AUC) is used in the identification of processes for their comparison. It is defined in the interval [a, b] as:

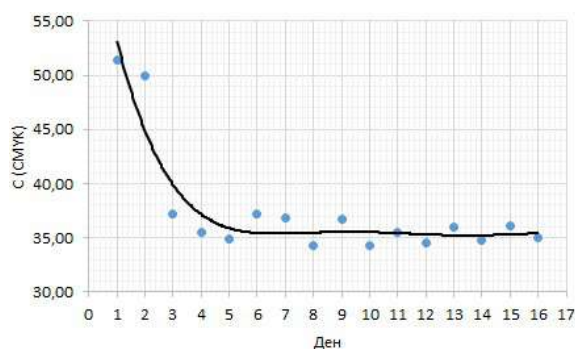
Application of the first derivative of a function. As a criterion for determining the values of color components or coefficients describing spectral characteristics, it is chosen to reach the null axis of the first derivative.

3. Резултати и дискусия

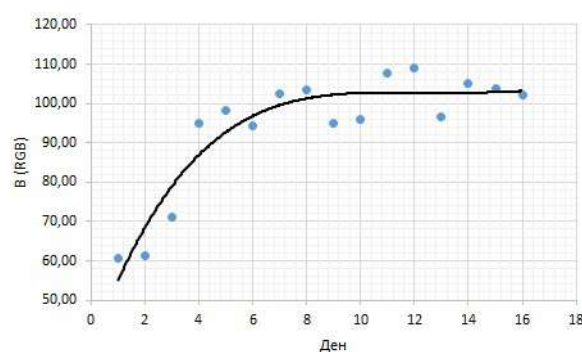
От направеният анализ на цветовете признаци от цветовете модели се установи, че изменение в периода на съхранение показват само някои от цветовете компоненти. Процесът е проследен до неговото установяване, което е реализирано за период от 16 дни, този период не е планиран предварително. На фигура 1 са представени резултати за изменението на цветови компоненти от RGB, HSV и CMYK цветови модели. По хоризонталната ос са нанесени дните на измерване, а по вертикалната ос стойностите на съответната цветова компонента.

3. Results and discussion

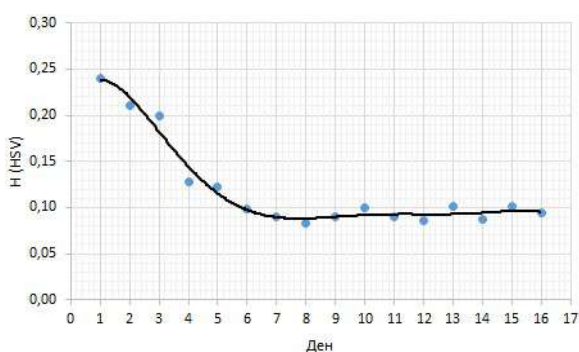
From the analysis of the color components of the color models it was found that changes in the storage period show only some of the color components. The process is tracked until its establishment, which is realized over a period of 16 days, this period is not planned in advance. Figure 1 presents the results for the color changes of RGB, HSV and CMYK color models. The days of measurement axis are plotted along the horizontal axis and the values of the corresponding color component along the vertical axis.



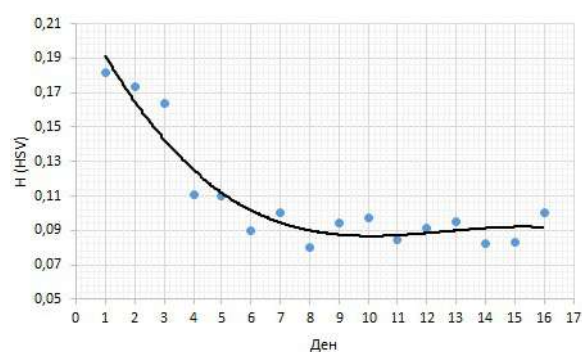
а) C (CMYK) за Кашкавал по БДС
a) C (CMYK) for yellow cheese by BNS



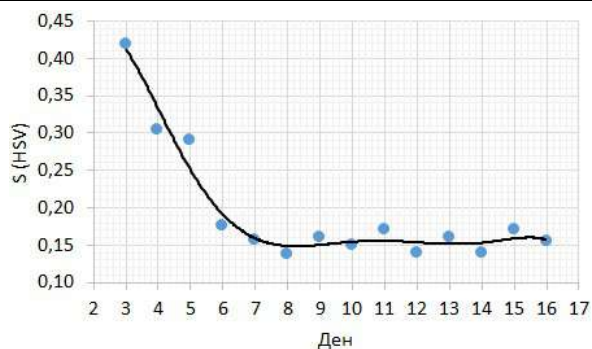
б) B (RGB) за Кашкавал по собствена технология
b) B (RGB) for yellow cheese by own technology



в) H (HSV) за Сирене по БДС
c) H (HSV) for white brined cheese by BNS



г) H (HSV) за Сирене по собствена технология
d) h (HSV) for white brined cheese by own technology



д) S (HSV) за области с плесен

е) S (HSV) for mold

Фиг.1. Изменение на цветови компоненти на млечни продукти в период на съхранение

Направен е анализ на изменението на стойностите на цветовете компоненти от използваните цветови модели за обектни области с плесен. Плесента не е използвана като основен критерий за определяне на установяването на процеса, тъй като такива области по повърхността на продуктите се появяват видимо от 3-ти ден.

Представена е характеристика на изменение на S цвeтова компонента от HSV цвeтови модел за области с плесен. По хоризонталната ос са нанесени дните на измерване, а по вертикалната – стойностите на използваната цвeтова компонента.

В таблица 1 са представени модели, описващи опитните данни за изменението на цвeтови компоненти в период на съхранение. За всяка обектна област са използвани по четири модела. Като ритерии за оценка са използвани коефициент на регресия R^2 , сума от квадратите на грешките (SSE), корен от средноквадратичната грешка (RMSE). С p (например yp1) са означени моделите на изменение на цвeтовата компонента S(HSV) за области с плесен. Означени с kb са моделите за области с кашкавал по БДС. С ks са означени моделите за области с кашкавал по собствена технология. Означаването на сирене по БДС е с sb, а с ss – сиренето по собствена технология.

При някои от моделите, с които са

Fig. 1. Change of color components of dairy products during storage

An analysis was made of the change of the color components from the color models used for the molded object areas.

The mold is not used as the main criterion for determining the identification process because such areas on the surface of products came apparently from the third day. A variation of the S color feature of the HSV color model for mold areas is presented. The measurement days are plotted on the horizontal axis, and the vertical axis is the values of the color component used.

Table 1 presents models describing the experimental data for color component change during a storage period. Four models are used for each object area. Regression coefficient R^2 , sum of squared errors (SSE), root mean square error (RMSE) were used as evaluation criteria. With p (for example yp1), color change of S (HSV) for mold areas is indicated. Marked with kb are the yellow cheese by BDS areas. With ks, the yellow cheese models are labeled by own technology of the manufacturer. Labeling of white brined cheese by BDS is with sb, and with ss - cheese based on own technology of the manufacturer.

описани опитните данни се наблюдават незначими коефициенти, по-малки от 0,1 такива са например y_{kb2} , y_{ks1} . При други модели са получени големи стойности на грешките над 10%, такива са например моделите за кашкавал по собствена технология.

Some models with which the experimental data is described show insignificant coefficients, less than 0.1 such as y_{kb2} , y_{ks1} . Other models have large error rates of over 10%, such as yellow cheese models by own technology of the manufacturer.

Таблица 1.
Точност на модели описващи
характеристиките на изменение на
цветови компоненти

Table 1.
Accuracy of models describing the
characteristics of change of color
components

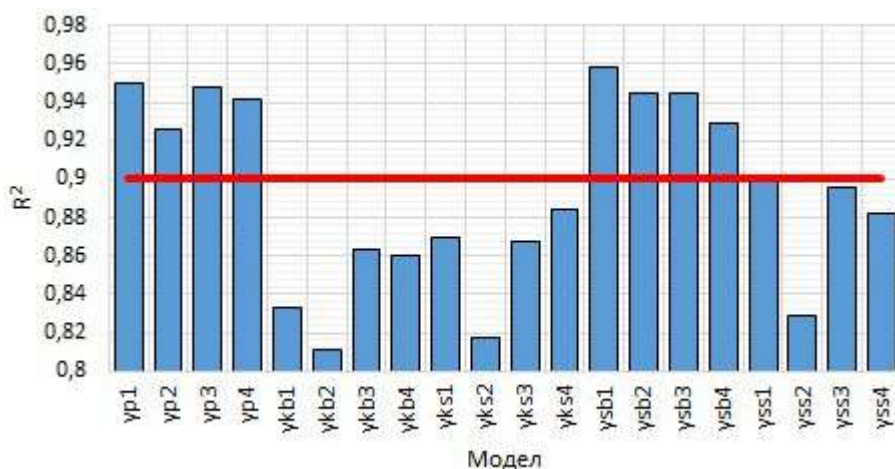
Обектна област Object area	Модел Model	R ²	SSE	RMSE
Плесен Mold	$y_{p1} = -0,005 \cdot x^3 + 0,02 \cdot x^2 - 0,192 \cdot x + 0,85$	0,950	0,004	0,021
	$y = 2,856 \cdot x^{(-2,071)} + 0,134$	0,926	0,007	0,024
	$y_{p2} = 1,183 \cdot \exp((-0,443) \cdot x) + 0,099 \cdot \exp(0,30 \cdot x)$	0,948	0,005	0,021
	$y = 1,418 \cdot \exp(-0,546 \cdot x) + 0,148$	0,942	0,005	0,022
Кашкавал по БДС Yellow cheese by BNS	$y_{kb1} = -0,025 \cdot x^3 + 0,794 \cdot x^2 - 7,73 \cdot x + 58,25$	0,833	68,460	2,389
	$y_{kb2} = 19,7 \cdot x^{(-0,95)} + 33,11$	0,811	77,800	2,446
	$y_{kb3} = 33,72 \cdot \exp((-0,573) \cdot x) + 33,84 \cdot \exp(0,0032 \cdot x)$	0,863	56,230	2,165
	$y_{kb4} = 33,66 \cdot \exp(-0,634 \cdot x) + 35,14$	0,860	57,360	2,100
Кашкавал по собствена технология Yellow cheese by own technology	$y_{ks1} = 0,04 \cdot x^3 - 1,429 \cdot x^2 + 16,49 \cdot x + 40,69$	0,870	470,500	6,262
	$y_{ks2} = -82,22 \cdot x^{(-0,36)} + 137,2$	0,817	661,700	7,135
	$y_{ks3} = 120 \cdot \exp((-0,009) \cdot x) - 82,52 \cdot \exp((-0,262) \cdot x)$	0,867	481,600	6,335
	$y_{ks4} = 108,3 \cdot \sin(0,101 \cdot x + 0,44) + 32,5 \cdot \sin(0,46 \cdot x - 0,796) + 26,64 \cdot \sin(0,452 \cdot x + 8,596)$	0,884	418,300	7,731
Сирене по БДС White brined cheese by BNS	$y_{sb1} = -0,0001 \cdot x^3 + 0,005 \cdot x^2 - 0,06 \cdot x + 0,307$	0,958	0,002	0,011
	$y_{sb2} = 0,24 \cdot x^{(-0,47)} + 0,015$	0,945	0,002	0,013
	$y_{sb3} = 0,28 \cdot \exp((-0,26) \cdot x) + 0,037 \cdot \exp(0,06 \cdot x)$	0,945	0,002	0,013
	$y_{sb4} = 0,243 \cdot \exp(-0,378 \cdot x) + 0,087$	0,929	0,003	0,014
Сирене по собствена технология White brined cheese by own technology	$y_{ss1} = -0,0001 \cdot x^3 + 0,003 \cdot x^2 - 0,03 \cdot x + 0,22$	0,900	0,002	0,012
	$y_{ss2} = 0,167 \cdot x^{(-0,387)} + 0,024$	0,829	0,003	0,015
	$y_{ss3} = 0,182 \cdot \exp((-0,23) \cdot x) + 0,043 \cdot \exp(0,046 \cdot x)$	0,896	0,002	0,012
	$y_{ss4} = 0,15 \cdot \exp(-0,353 \cdot x) + 0,085$	0,882	0,002	0,0121

При всички получени модели, описващи опитните данни са получени стойности на коефициента на регресия над 0,7, което показва, че тези модели описват с достатъчна точност данните. Взети са под внимание моделите, описващи опитните данни с коефициент на регресия над 0,9. На фигура 2 е представена диаграма на моделите, които описват опитните данни с модел, при който коефициента на регресия е над 0,9. По хоризонталната ос са нанесени моделите с техните наименования, а по вертикалната стойностите на коефициента на регресия. С най-високи

For all models obtained describing the experimental data, coefficients of regression above 0,7 are obtained, indicating that these models describe the data with sufficient precision. Models describing the experimental data with a regression coefficient above 0,9 are taken into account. Figure 2 shows a diagram of the models that describe the experimental data with a model where the regression coefficient is above 0,9. On the horizontal axis are the models with their names and the vertical values of the coefficient of regression. With the highest values of the regression

стойности на коефициента на регресия – над 0,9 са моделите описващи опитните данни за областите с плесен и сирене по собствена технология.

coefficient, more than 0,9 are the models describing the experimental data for molds and white brined cheese areas by own technology of manufacturer.



Фиг.2. Коефициент на регресия R2 за модели описващи опитните данни

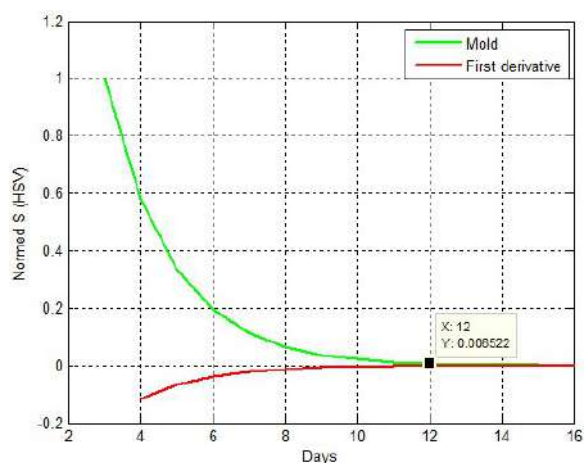
Fig. 2. Regression coefficient R2 for models describing the experimental data

Определянето на момента или деня на установяване на характеристиките е реализирано чрез първа производна на съответния модел.

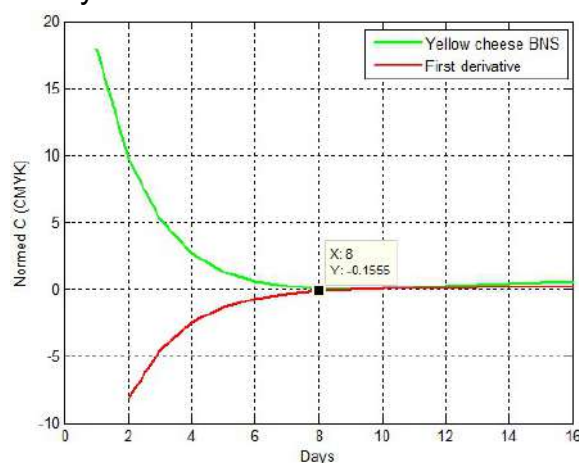
The determination of the moment or the day of the identification of the characteristics is realized by the first derivative of the respective model.

На фигура 3 са представени моделите на изменение на цветови компоненти и първата им производна. При обектните области с плесен и тези за сирене по БДС цветовите компонента S(HSV) и H(HSV) установяват стойностите си в ден 12.

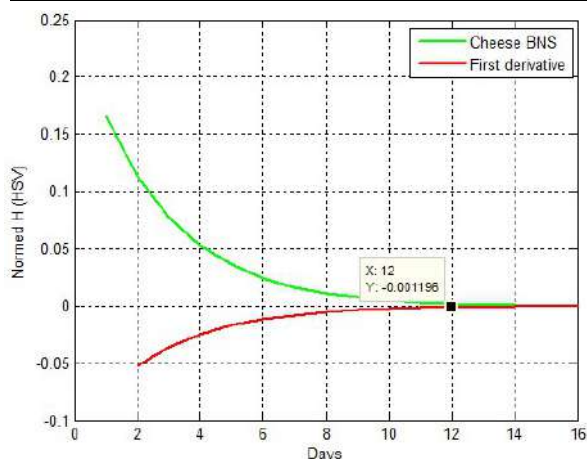
Figure 3 shows the models of color components change and their first derivative. Object areas with mold and those for white brined cheese by BDS, color components S (HSV) and H (HSV) establish their values in 12 days.



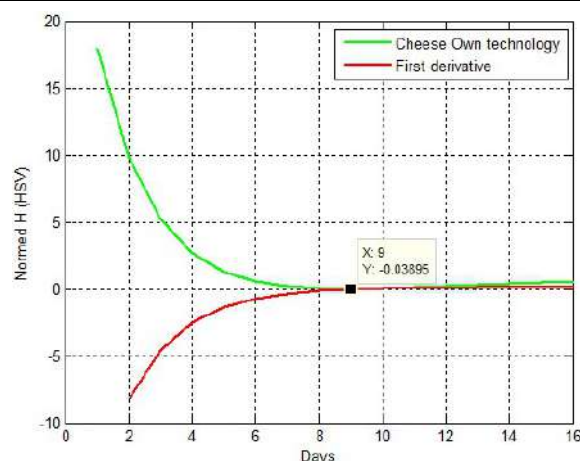
а) Плесен
а) Mold



б) кашкавал по БДС
b) yellow cheese by BNS



в) сирене по БДС
с) white brined cheese by BNS



г) сирене по собствена технология
д) white brined cheese by own technology

Фиг.3. Определяне на деня на установяване на цветови компоненти за обектни области

Кашкавалът по БДС установява стойностите на С(СМЯК) цветовата компонента в ден 8. При сиренето по собствена технология стойностите на Н(HSV) цветовата компонента се установяват в ден 9. При кашкавала по собствена технология, който не е представен на фигурата, стойностите на В(RGB) цветовата компонента се установяват на 10-я ден от периода на съхранение.

Направена е проверка за деня на установяване на процеса по спектрални характеристики. За целта е използван коефициент „площ под крива“ (AUC) на спектралните характеристики.

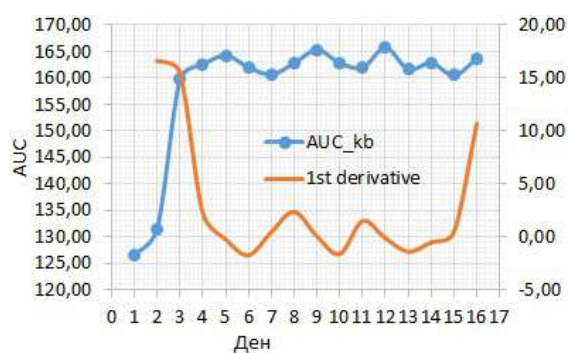
На фигура 4 са представени графики за изменението на коефициент AUC на спектралните характеристики в периода на съхранение за отделните обектни области. По хоризонталната ос са нанесени отделните дни на съхранение, а по вертикалната стойностите на коефициент AUC. Въведена е втора вертикална ос и е изчертана графика на първата производна за всяка характеристика на коефициент AUC. Наблюдава се установяване на процеса.

Fig.3. Day of establishment of the process of object areas color components

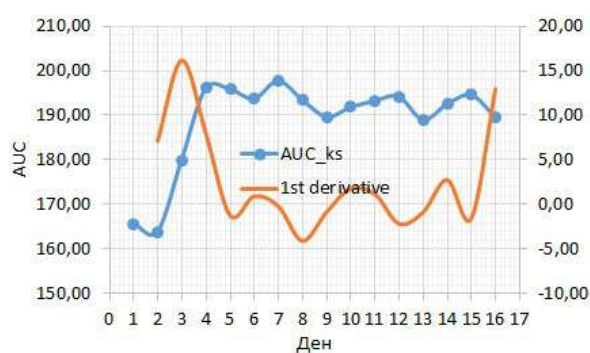
Yellow cheese by BDS establishes the value of C (CMYK) color component on day 8. In the case of white brined cheese by own technology of manufacturer, the H (HSV) color component values are set on day 9. In the case of yellow cheese by its own technology, which is not represented in the figure, the B (RGB) color component values are established on the 10th day of the storage period.

An inspection is made on the day of establishment of the process of spectral characteristics. For this purpose, the AUC of Spectral Characteristics is used.

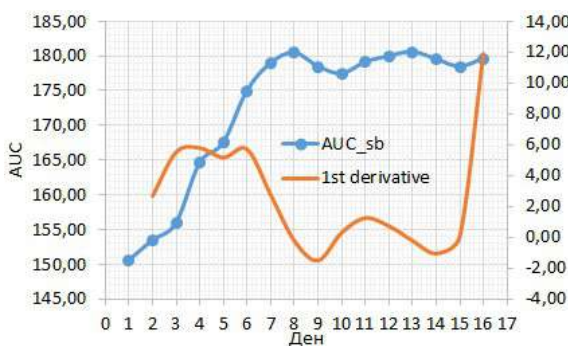
Figure 4 shows graphs for the change in AUC of spectral characteristics in the storage period for individual object areas. The horizontal axis is plotted with the individual storage days, and the vertical AUC coefficient. A second vertical axis is introduced and a plot of the first derivative is plotted for each AUC coefficient characteristic. The establishment of the process is observed.



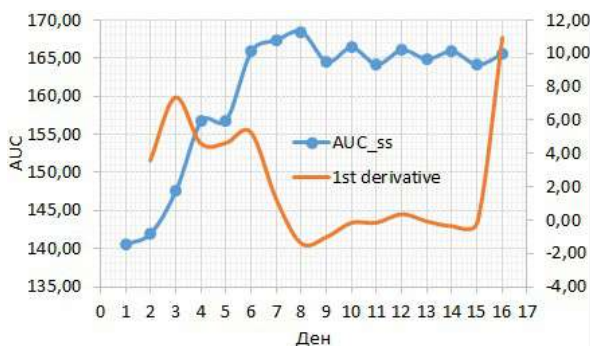
а) кашкавал по БДС
a) yellow cheese by BNS



б) кашкавал по собствена технология
b) yellow cheese by own technology



в) сирене по БДС
c) white brined cheese by BNS



г) сирене по собствена технология
d) white brined cheese by own technology

Фиг.4. Изменение на стойностите на коефициент AUC и неговата първа производна за обектни области в периода на съхранение

Fig. 4. Changes of the AUC and its first derivative values for object areas during the storage period

За обектните области с кашкавал по БДС и сирене по БДС това установяване е в ден 8. При кашкавала по собствена технология установяването е в ден 5, а при сиренето също по собствена технология в ден 7.

For the object areas with yellow cheese by BNS, this is on day 8. The yellow cheese by own technology of manufacturer its establishment is in day 5, while the white brined cheese also own technology on day 7.

В таблица 2 са нанесени обобщени данни за дните на установяване на процеса в зависимост от използвания показател – цветови компоненти и коефициент AUC на спектралните характеристики за отделните обектни области на измерваните продукти.

Table 2 summarizes the days of the process determination according to the indicator used - color components and AUC of the spectral characteristics of the individual object areas of the measured products.

Таблица 2.
Ден на установяване на процеса за
цветови компоненти и спектрални
характеристики

Table 2.
Day of establishment of the process
of color components and spectral
characteristics

<u>Обектна област</u> Object area	<u>Плесен</u> Mold	<u>Кашкавал по БДС</u> Yellow cheese by BNS	<u>Кашкавал по собствена технология</u> Yellow cheese by own technology	<u>Сирене по БДС</u> White brined cheese by BNS	<u>Сирене по собствена технология</u> White brined cheese by own technology
<u>По цветови компоненти</u> By color components	12	8	10	12	9
<u>По AUC на спектрални характеристики</u> By AUC of spectral characteristics	-	8	5	8	7

Периодът за установяване на процеса е в рамките на 5-12 дни в зависимост от обектната област и използвания показател. По-кратки периоди за установяване 5-8 дни се наблюдават при използване на коефициент AUC на спектралните характеристики, докато при цветовите компоненти този период е с по-голяма дълготрайност, достигаща 5-12 дни.

4. Заключение

Направена е проверка на възможността за използване на цветови признаци и спектрални характеристики за проследяване на изменението по повърхността на сирене и кашкавал, съхранявани в условия, несъответстващи на тези, посочени от производителя, като се определи времето за установяване на процеса на изменение на тези характеристики.

Получените резултати ще се използват при съставяне на предсказващи модели за тези свойства на изследваните млечни продукти, след което ще се провери дали те съвпадат или са близки за продукти от същия вид, но произведени от други фирми. Това също е важен етап от изследването, който ще покаже общността на моделите.

Благодарности

Работата по настоящата статия е

The period for establishing the process is within 5-12 days depending on the object area and feature used. Shorter detection periods of 5-8 days are observed using the AUC of the spectral characteristics, whereas for the color components this period is of longer durability, reaching 5-12 days.

4. Conclusion

An examination was made of the possibility of using color and spectral characteristics to track the change in the surface of white brined cheese and yellow cheese stored in conditions not in accordance with those specified by the manufacturer, by specifying the time to establish the process of changing of those characteristics.

The results obtained will be used to compile predictive patterns for these properties of the dairy products studied, and then check whether they match or are similar to products of the same type but produced by other companies. This is also an important stage in the research that will show the community of models.

Acknowledgments

The work on this report is related to

свързана с изследвания по проект **№3.ФТТ/30.05.2016г.**: „Безконтактни методи за оценка на основни качествени показатели на млечни продукти“.

the research project **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, ICVL 2016, pp.204-208
- [2] Collins Y., P. McSweeney, M. Wilkinson (2003), Evidence of a relationship between autolysis of starter bacteria and lipolysis in Cheddar cheese during ripening. Journal of Dairy Research, vol. 70, No. 1, pp.105-113
- [3] Glassner A. (1989) How to derive a spectrum from an RGB triplet. IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 9, No. 4, pp.95-99
- [4] González-Córdova A., C. Yescas, Á. Ortiz-Estrada, M. De la Rosa-Alcaraz, A. Hernández-Mendoza, B. Vallejo-Cordoba (2016), Invited review: Artisanal Mexican cheeses, Journal of Dairy Science, vol. 99, iss. 5, pp.3250-3262
- [5] Guo L., D. Van Hekken, P. Tomasula, J. Shiehand, M. Tunick (2011). Effect of salt on the chemical, functional, and rheological properties of Queso Fresco during storage. International Dairy Journal, vol. 21, pp.352-357
- [6] Mladenov, M., S. Penchev, M. Deyanov. (2015). Complex assessment of food products quality using analysis of visual images, spectrophotometric and hyperspectral characteristics. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), ISSN: 2277-3754, Vol. 4, Iss.12, pp.23-32
- [7] Orşahin H. (2012), Quality characteristics and shelf-life of ‘Armola’ cheese, Thesis, Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology
- [8] Smits B. (2000) An RGB to Spectrum Conversion for Reflectances, University of Utah, pp.1-10
- [9] Veleva-Doneva P., Ts. Draganova, S. Atanasova, G. Beev (2008), Detection of infected with staphylococcus and streptococcus milk samples by spectral analysis, Proceedings of Ruse university, vol. 47, No. 3.1, pp.141-145
- [10] Wolda J., A. Veberga, F. Lundby, A. Nilsena, J. Moan (2006), Influence of storage time and color of light on photooxidation in cheese: A study based on sensory analysis and fluorescence spectroscopy, International Dairy Journal, vol. 16, pp.1218-1226
- [11] Yankov K., Identification of Effective Doses in Binary Mixtures, Proc. Int. Conf. on Information Technologies (InfoTech-2014) St. Constantine and Elena resort, Bulgaria, sept.18-20, 2014, ISSN 1314-1023, pp.316-324

Контакти:

ас. инж. Мирослав Димчев Василев

факултет „Техника и технологии“, Тракийски университет – Стара Загора
e-mail: miro8611@abv.bg

гл. ас. д-р инж. Иван Георгиев Бинев

факултет „Техника и технологии“, Тракийски университет – Стара Загора
e-mail: ivan.binev@trakia-uni.bg