УДК/UDK: 664+621.798:742.2

DOI 10.21323/2414-438X-2017-2-2-37-42

Original scientific paper

STUDY STRUCTURE OF THREE-COMPONENT POLYMERIC MATERIAL UNDER INFLUENCE OF γ-IRRADIATION

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ПОД ВЛИЯНИЕМ γ-ОБЛУЧЕНИЯ

Tarasyuk V.T.[1] , Filippovich V.P.[1], Prokopenko A.V.[1], Strokova N. E.[3], Egorkin A.V.[4], Chasovskikh A.V.[4]

[1] Russian Research Institute of Canning Technology, Vidnoe, Russia

[2] National Research Nuclear University «Moscow Engineering Physics Institute», Moscow, Russia

[3] M.V.Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

[4] Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom, Moscow, Russia

Ключевые слова: *γ-облучение, радиационная стерилизация, полиэтилен, полиамид, этиленвинилацетат, полимерные пленки, ИК-спектр.*

Keywords: *γ-irradiation, radiation sterilization, polyethylene, polyamide, ethylene vinyl acetate, polymer films, IR spectrum.*

Аннотация

Исследовали полимерный материал состава PA/PE/Eva толщиной 55 мкм. Стерилизацию проводили на установке ГУ–200 дозами от 3 до 18 кГр в Научно-исследовательском институте технической физики и автоматизации. Структуру образцов полимерного материала изучали методом ИК-спектроскопии до и после облучения в интервале 400–5000 см$^{-1}$. По результатам исследования структуры ИК-спектров облучение дозами до 6 кГр изменения в структуре незначительные. При облучении дозами от 9 кГр и выше увеличивается количество сложных эфирных групп (2340 см$^{-1}$), незначительное увеличение в других функциональных группах, что может говорить об одновременном процессе внутримолекулярной сшивки с промежуточной стадией сшивания протекающей с образованием виниленовых групп. Это вызывает деструкцию полимерного материала, а также радиационное окисление. Данные нарушения могут повлечь изменения физико-механических и барьерных параметров полимерного материала, что может существенно отразиться на сроках хранения сельскохозяйственной продукции.

Abstract

The polymer material (PA/PE/Eva) with a width of 55 μm was studied. Sterilization was carried out on the unit GU–200 at doses from 3 to 18 kGy in the Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom, Moscow, Russia. The structure of the polymer material samples was studied by IR spectroscopy before and after irradiation in a range of 400–5000 cm^{-1}. According to the results of the analysis of the IR spectrum structure, the changes in the structure were insignificant upon irradiation at doses up to 6 kGy. Upon irradiation at doses from 9 kGy and higher, an increase in quantity of ester groups (2340 cm^{-1}) and insignificant increase in other functional groups were observed, which can suggest a simultaneous process of intra-molecular cross-linking with the intermediate stage of cross-linking occurring with formation of vinylene groups. This causes destruction of a polymer material and radiation oxidation. These disorders can lead to changes in physico-mechanical and barrier parameters of a polymer material, which can be notably reflected in the shelf life of agricultural products.

Введение

В последнее время отмечается интерес к физическим методам обработки продуктов питания, что является мировой тенденцией. Критери и источников облучения, используемые в качестве физических методов стерилизации, делятся на два направления: использование ионизирующего излучения от изотопных источников и воздействие высокоэнергетичными электронными пучками. Наиболее распространенным источником γ-облучения являются изотопы кобальта 60 (Co^{60}) [1–2].

В результате радиационной стерилизации в полимерных материалах может проходить одновременно несколько процессов, такие как сшивка, деструкция, радиационное окисление. В процессе радиационной стерилизации отмечается увеличении концентрации кислорода, что способствует образованию кислород содержащих групп: –C=O, –OH, –O–O–H, –C–O–O–C–; причем группы C=O образуются разных типов: кислотные, кетонные, альдегидные, сложноэфирные, перкислотные, перэфирные [3].

Introduction

Recently, physical methods of food treatment have attracted interest, which is a worldwide trend. The criteria of the sources of irradiation used as physical methods of sterilization are divided into two directions: the use of ionizing irradiation from isotopic sources and an impact of high energy electronic beams. The most common source of γ-irradiation are cobalt 60 isotopes (Co^{60}) [1–2].

As a result of radiation sterilization, several processes can occur simultaneously in polymer materials, such as cross-linking, destruction and radiation oxidation. In the process of radiation oxidation, an increase in the oxygen concentration is observed, which facilitates formation of oxygen containing groups: –C=O, –OH, –O–O–H, –C–O–O–C–; with that, different types of C=O groups are formed: acidic, ketonic, aldehydic, ester, peroxyacid, perester [3].

Ранее изучалось влияние облучения главным образом на структуру однокомпонентных пленочных материалов и их свойства [4–5].В связи с этим, в представленном исследовании анализируется влияние радиационной обработки на структуру многокомпонентного полимерного материала.

Материалы и методы

Исследовали полимерный упаковочный материал полиамид/полиэтилен/этиленвинилацетат (PA/PE/Eva), толщиной 55 мкм фирмы Freshpack Solutions (Марка TopFRESH CV 55). Облучение проводили на установке ГУ–200. Установка выполнена в виде каньона полуподвального помещения на территории Научно-исследовательского института технической физики и автоматизации, имеет бетонные защитные стены и лабиринтный вход в камеру облучения. В камере облучения располагается плоскостной облучатель сухого хранения, загружаемый стандартными радионуклидными источниками излучения типа ГИК-7-4 (Co^{60}) и рассчитанный на максимальную активность — 200 кКи. Управление установкой осуществляется из операторского помещения с пульта. Технические характеристики: источник излучения Co^{60}, количество источников 120, мощность источника 2 кКи, суммарная мощность 200 кКи, количество каналов загрузки 50, изометрия: 1КГр — 12 минут.

Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с 4-диэтиламиноазобензоловым красителем). Граница допускаемых значений относительной погрешности аттестации составляют не более 7 % при доверительной вероятности 0,95. Погрешность определения поглощенной дозы при соблюдении условий применения не превышает 15 % (P = 0,95).

ИК-спектры исследовали на приборе ФМС 1201 (Россия) в МГУ (почвенный факультет) по следующим параметрам: спектральный диапазон 400–4000 $см^{-1}$, спектральное разрешение — 1 $см^{-1}$, источник ИК-потока — нихромовый, приемник ИК-потока — пироэлектрический. Спектр поглощения полимерного материала анализировали до и после облучения.

Результаты и обсуждение

Для испытаний брали образцы полимерной пленки PA/PE/Eva подвергали радиационному γ-облучению при дозе от 3 до 18 кГр. Реальные дозы облучения определяли в сравнении со стандартными, которые были облучены вместе с образцами. В диапазоне от 1 до 10 кГр рассчитывали в соответствии с формулой (1), а в диапазоне от 10 до 20 кГр по формуле (2).

$$Д = 8{,}66 \cdot A^{0{,}944}, \quad (1)$$

$$Д = 48{,}76 \cdot A^{1{,}028}, \quad (2)$$

где A — оптическая плотность образца в сравнении со значением оптической плотности контрольного образца.

Previously, an effect of irradiation on the structure of single-component film materials and their properties was mainly studied [4–5]. In this connection, an influence of radiation treatment on the structure of multicomponent polymer material is analyzed in this study.

Materials and methods

The polymer packaging material polyamid/polyethylene/ ethylene vinyl acetate (PA/PE/Eva) with a width of 55 μm from Freshpack Solutions (TopFRESH CV 55 brand) was studied. Irradiation was carried out on the irradiation facility GU–200. The irradiation facility was constructed as a canyon of a basement on the territory of the Research Institute of Technical Physics and Automation; it has concrete protective walls and the labyrinthine entrance to the radiation chamber. The radiation chamber houses a planar dry-storage irradiator, which is loaded with standard radionuclide sources of radiation of GIK-7-4 (Co^{60}) type and rated for maximal activity of 200 kCi. The facility is controlled from the desk in the operator's room.

Technical characteristics are as follows: radiation source Co^{60}, number of sources 120; source power 2 kCi; total power 200 kCi; number of loading chambers 50, isometry: 1 kGy — 12 min.

The standard sample of the absorbed dose of photon and electron radiation (co-polymer with 4-Diethylaminoazobenzene dye) was used. The relative error limits of certification were not more than 7% at probability of 0.95. An error of absorbed dose measurement upon satisfying the conditions of the use was not more than 15 % (P = 0.95).

IR spectrum were analyzed on the instrument FMS 1201 (Russia) in MGU (Soil Science Faculty) according to the following parameters: spectral range 400–4000 cm^{-1}, spectral resolution 1 cm^{-1}, source of IR flow — nickel/chromium, receiver of IR flow — pyroelectric. The absorption spectrum of the polymer material was analyzed before and after irradiation.

Results and discussion

Samples of the polymer film PA/PE/Eva were used for the experiment and subjected to γ-irradiation at doses from 3 to 18 kGy. The real doses of irradiation were detected in comparison with the standard samples, which were irradiated with the samples, and calculated in a range from 1 to 10 kGy according to the equation (1) and in a range from 10 to 20 kGy according to the equation (2).

$$D = 8{,}66 \cdot A^{0{,}944}, \quad (1)$$

$$D = 48{,}76 \cdot A^{1{,}028}, \quad (2)$$

where A is optical density of a sample compared to the value of optical density of the control sample.

Table 1. Real doses of γ-irradiation of the polymer material PA/PE/Eva
Таблица 1. Реальные дозы γ-облучения полимерного материала PA/PE/Eva

Established irradiation dose, kGy | Доза облучения установленная, Гр	A, optical density | А, оптическая плотность	D, real doses of γ-irradiation, kGy | Д, реальная доза γ-облучения, кГр
3	0,30	2,8
6	0,64	5,7
9	1,01	8,8
12	0,250	11,7
15	0,314	14,8
18	0,374	17,7

Полученные результаты представлены в Табл. 1.

Исследовали структуру образцов до и после облучения по ИК-спектрам в интервале 400–5000 $см^{-1}$ (Рис. 1, 2).

В инфракрасной области спектра от 400 до 4500 $см^{-1}$ имеются характерные основные интенсивные полосы поглощения (Рис. 1, 2) для PE-слоя относящиеся к валентным (2820–2980 $см^{-1}$) и деформационным (1480 $см^{-1}$, 725–740 $см^{-1}$) колебаниям $–CH_2–$ групп. Полосы поглощения, относящиеся к деформационным колебаниям $–CH_3$ групп, наблюдаются в области 1380–1371 $см^{-1}$. Характерные полосы поглощения для PA-слоя: деформационные колебания связи –NH– в области 3085 $см^{-1}$, 1530 — 1570 $см^{-1}$ и деформационные колебания карбонильной группы в области 1620–1680 $см^{-1}$. Характерные полосы поглощения для Eva-слоя: колебания связи сложноэфирной функциональной группы (–COO–) в области 2340 $см^{-1}$ [6]. Наиболее характерные частоты поглощения функциональных групп (Рис. 3) исследуемого образца представлены в таблице 2.

The obtained results are presented in Table 1.

The structure of the samples was studied by IR spectrum in a range of 400–5000 cm^{-1} before and after irradiation (Fig. 1, 2).

In the infrared spectrum from 400 to 4500 cm^{-1}, there are the characteristic main intensive absorption bands (Fig. 1, 2) for the PE layer associated with valence (2820–2980 cm^{-1}) and deformation (1480 cm^{-1}, 725–740 cm^{-1}) vibrations of the $–CH_2–$ groups. The absorption bands associated with deformation vibrations of $–CH_3$ groups were observed in the range of 1380–1371 cm^{-1}. The characteristic absorption bands for the PA layer are deformation vibrations of the –NH– bond in the region of 3085 cm^{-1}, 1530–1570 cm^{-1} and deformation vibrations of the carbonyl group in the range of 1620–1680 cm^{-1}. The characteristic absorption bands for the Eva layer are bond vibrations of the ester functional group (–COO–) in the region of 2340 cm^{-1} [6]. The most characteristic absorption frequencies of functional groups (Fig. 3) of the analyzed sample are presented in Table 2.

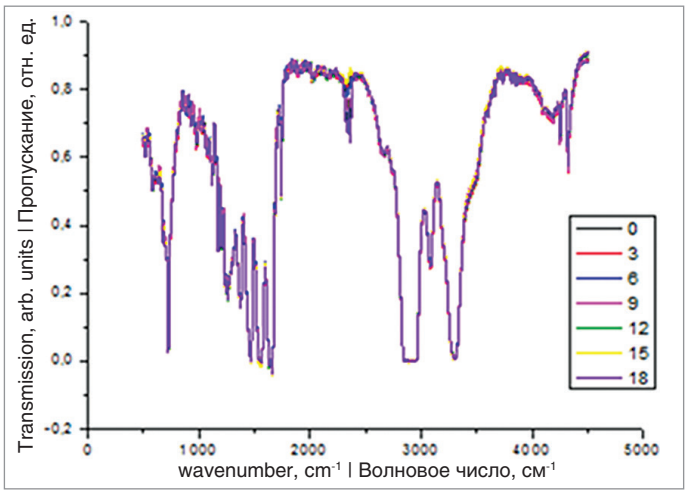


Fig. 1. IR spectrum of absorption of the polymer film PA/PE/Eva in a range of 400–5000 cm^{-1} before and after γ-irradiation at 0 to 18 kGy
Рис. 1. ИК-спектр поглощения полимерной пленки PA/PE/Eva в диапазоне от 400–4500 $см^{-1}$ до и после γ-облучением от 0 до 18 кГр

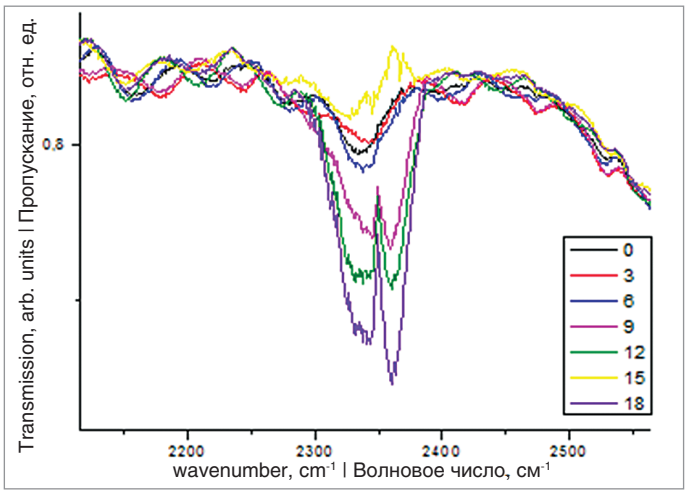
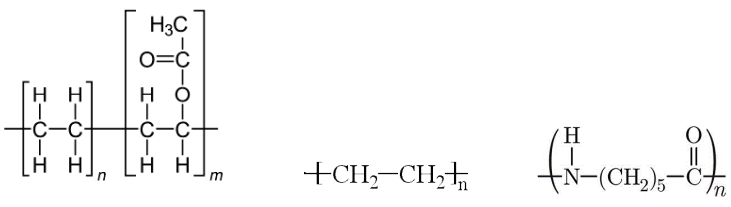


Fig. 2. IR spectrum of absorption of the polymer film PA/PE/Eva in a range of 2000–2600 cm^{-1} before and after γ-irradiation
Рис. 2. ИК-спектр поглощения полимерной пленки PA/PE/Eva в диапазоне от 2000–2600 $см^{-1}$ до и после γ-облучением



Eva layer | Eva-слой PE layer | PE-слой PA layer | PA-слой

Fig. 3. Dependency of an effect of γ-irradiation doses on the intensity of absorption bands of functional groups in the PA/PE/Eva sample
Рис. 3. Зависимость влияния доз γ-облучения на интенсивность полос поглощения функциональных групп в образце PA/PE/Eva

Table 2. Characteristic absorption frequencies in the IR spectrum (Fig. 3) in the PA/PE/Eva sample
Таблица 2. Характеристические частоты поглощения в ИК-спектрах в образце PA/PE/Eva

Group | Группа	Absorption frequency, cm^{-1} | Частота поглощения, cm^{-1}			
	PE layer | PE-слой	PA layer | PA-слой	Eva layer | Eva	PA/PE
Valence vibrations | Валентные колебания				
–C–C–				580 (medium) | 580 (ср) 928 (medium) | 928 (ср)
$–CH_2–$	2820–2980 (strong) | 2820–2980 (с.)		2820–2980 (strong) | 2820–2980 (с.)	
–C=O		1623–1680 (strong) | 1623–1680 (с.) 2020 (weak) | 2020 (сл)		
–COO–			2340 (weak) | 2340 (сл.)	2340 (weak) | 2340 (сл.)
–CH–	3268–3338 (strong) | 3268–3338 (с.)	3268–3338 (strong) | 3268–3338 (с.)	3268–3338 (strong) | 3268–3338 (с.)	3268–3338 (strong) | 3268–3338 (с.)
Deformation vibrations | Деформационные колебания				
$–CH_2–$	1480 (strong) | 1480 (с.) 725–740 (strong) | 725–740 (с.)		1480 (strong) | 1480 (с.) 725–740 (strong) | 725–740 (с.)	718–733 (strong) | 718–733 (с.)
$–CH_3$	1380–1371 (strong) | 1380–1371 (с.)		1380–1371 (strong) | 1380–1371 (с.)	1170 (strong) | 1170 (с.)
–NH–		3085 (strong) | 3085 (с.) 1530–1570 (strong) | 1530–1570 (с.)		

По изучению многослойной структуры полимерного материала (Рис. 1, 2 и Табл. 2) отмечается присутствие $–CH_2–$ и –CH– группы, как в PE-слое, так и в PA-слое, поэтому мы можем наблюдать в спектре наложение интенсивности друг на друга.

Изучив интенсивность полос поглощения функциональных групп, в многослойном полимерном материале представленных в Табл. 3, можно отметить, что кардинального изменения в структуре не отмечается. Но, после облучения имеется незначительное увеличение интенсивности в зависимости с увеличением доз облучения полос поглощения функциональных групп –COO– при волновом числе 2340 $см^{-1}$.

На основе полученных данных были построены зависимости интенсивности полос поглощения в образце PA/PE/Eva (Рис. 3).

Анализ данных представленных на Рис. 3 показал, что при дозах до 6 кГр изменения в структуре незначительные. От 9 кГр увеличивается количество сложных эфирных групп (2340 $см^{-1}$), незначительное увеличение –C–C– (584 $см^{-1}$), $–CH_2–$ (1480 $см^{-1}$) и $–CH_3$ (1371–1366 $см^{-1}$) групп, что может говорить об одновремен-

As a result of analysis of the polymer material multilayer structure (Fig. 1, 2 and Table 2), the presence of the $–CH_2–$ and –CH– groups was noticed both in the PE layer and in the PA layer; therefore, we can observe intensity overlapping in the spectrum.

After analysis of the intensity of the absorption bands of the functional groups in the multilayer polymer material presented in Table 3, it can be noticed that a fundamental change in the structure was not observed. However, after irradiation, there was an insignificant increase in the intensity of the absorption bands of the functional groups –COO– at wavenumber 2340 cm^{-1} depending on an increase in irradiation doses.

Based on the obtained data, the dependencies of the intensity of absorption bands in the PA/PE/Eva sample were obtained (Fig. 3).

Analysis of the data presented in Fig. 3 showed that at doses up to 6 kGy, the changes in the structure were insignificant. From 9 kGy, the quantity of ester groups increased (2340 cm^{-1}), and the C–C– (584 cm^{-1}), $–CH_2–$ (1480 cm^{-1}) and $–CH_3$ (1371–1366 cm^{-1}) groups increased insignificantly, which can suggest a simultaneous process

Table 3. Results regarding the intensity of the absorption bands depending on γ-irradiation in the PA/PE/Eva sample
Таблица 3. Результаты интенсивности полос поглощения в зависимости от γ-облучения в образце PA/PE/Eva

Absorption frequency, cm^{-1} | Частота поглощения, cm^{-1}	Functional group | Функциональная группа	Intensity of absorption bands of γ-irradiation doses, kGy | Интенсивность полос поглощения доз γ-облучением, кГр						
		0	3	6	9	12	15	18
584	–C–C–	0.525	0.524	0.524	0.540	0.501	0.510	0.510
1371–1366	$–CH_3$	0.167	0.165	0.171	0.170	0.159	0.153	0.160
2340	–COO–	0.797	0.803	0.787	0.744	0.715	0.835	0.672
3085	–NH–	0.277	0.270	0.282	0.278	0.282	0.272	0.278
1480	$–CH_2–$	0.218	0.212	0.221	0.213	0.204	0.198	0.208
3268–3338	–CH–	0.525	0.524	0.524	0.541	0.501	0.510	0.510

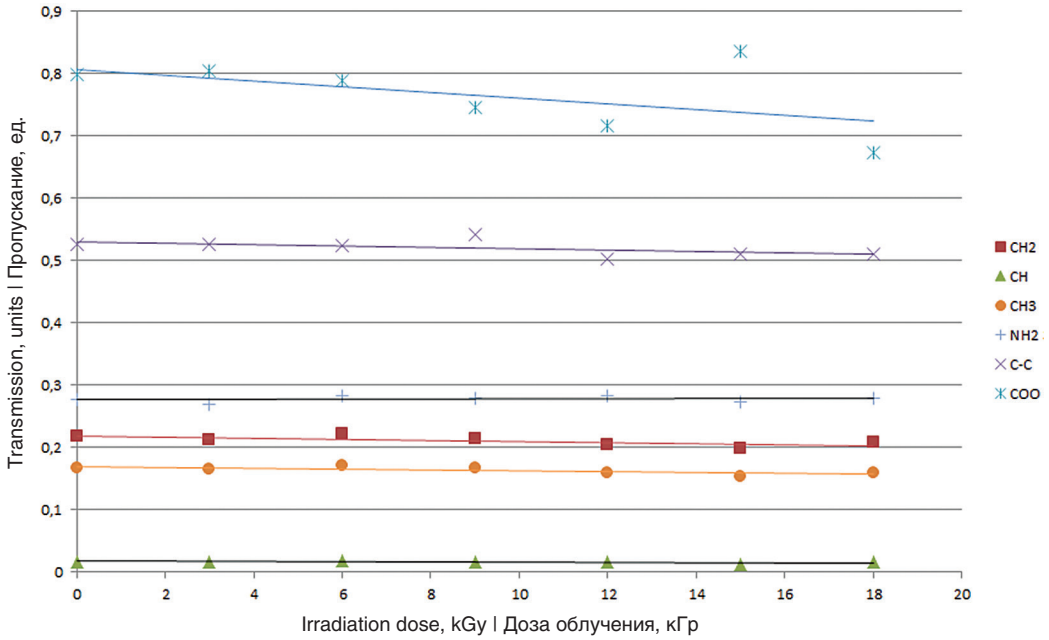


Fig. 4. The process of cross-linking | Рис. 4. Процесс сшивки

ном процессе внутримолекулярной сшивки (Рис. 4) с промежуточной стадией сшивания протекающей с образованием виниленовых групп.

В процесс γ-облучения образуется O_2 в последствии, он может вступать в реакцию с конечными группами или со свободными радикалами и способствует образованию кислород содержащих групп: –C=O, –OH, –O–O–H, –C–O–O–C–.

Выводы

В работе методом ИК-спектроскопии изучено влияние различных доз γ-облучения на структуру многослойного материала PA/PE/Eva. Установлено, при дозах до 6 кГр изменения в структуре не значительные, а при дозах от 9 кГр происходит деструкция и окисление с промежуточной стадией сшивания, которая может повлечь за собой изменения физико-механических и барьерных свойств. Данные выводы являются предварительными и требуют накопления статистических данных.

of intra-molecular cross-linking (Fig. 4) with the intermediate state of cross-linking occurring with formation of vinylene groups.

In the process of γ-irradiation, O_2 is formed; later, it can react with finite groups or free radicals and facilitate formation of oxygen containing groups: –C=O, –OH, –O–O–H, –C–O–O–C–.

Conclusions

The effect of different doses of γ-irradiation on the structure of the multilayer material PA/PE/Eva was studied by IR spectroscopy. It was established that changes in the structure were insignificant upon irradiation at doses up to 6 kGy; while at doses from 9 kGy, destruction and oxidation took place with the intermediate stage of cross-linking that can lead to changes in physico-mechanical and barrier properties. These conclusions are preliminary and require accumulation of statistical data.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. McKeen, L. The effect of sterilization on plastics and elastomers. Third edition./ -USA: William Andrew –2012. –480p. (1.2.5. Gamma Irradiadiator. p. 10–11). ISBN: 978–1–4557–2598–4.
2. Gracheva, A. Yu. Enhancement of efficiency of storage and processing of food raw materials using radiation technologies/ A.Yu. Gracheva, M.A. Zav'yalov, N.V. Ilyukhina, V.A. Kukhto, V.T. Tarasyuk, V.P. Filippovich, A.V. Egorkin, A.V. Chasovskikh, Yu.S. Pavlov, A.V. Prokopenko, N.E. Strokova, S.A. Artem'ev, S.P. Polyakova //Physics of Atomic Nuclei. –2016. — Vol. 79. — No. 14. — pp. 1682–1687.
3. Subedi, D.P. Contact angle measurement for the surface characterization of solids/ D.P.Subedi // The Himalayan Physics. — 2011. — Vol. II. — P. 1–4.
4. Бовей, Фрэнк А. Действие ионизирующих излучений на природные и синтетические полимеры / Пер. с англ. канд. хим. наук В. Л. Карпова [и др.] ; Под ред. д-ра физ.-матем. наук Ю. С. Лазуркина. — М. : Изд-во иностр. лит. –1959. — 295 с. (Глава IV Статистическое рассмотрение сшивания и деструкции, происходящих под действием ионизирующего излучения,

REFERENCES

1. McKeen, L. The effect of sterilization on plastics and elastomers. Third edition./ -USA: William Andrew –2012. –480p. (1.2.5. Gamma Irradiator. p. 10–11). ISBN: 978–1–4557–2598–4.
2. Gracheva, A. Yu. Enhancement of efficiency of storage and processing of food raw materials using radiation technologies/ A.Yu. Gracheva, M.A. Zav'yalov, N.V. Ilyukhina, V.A. Kukhto, V.T. Tarasyuk, V.P. Filippovich, A.V. Egorkin, A.V. Chasovskikh, Yu.S. Pavlov, A.V. Prokopenko, N.E. Strokova, S.A. Artem'ev, S.P. Polyakova //Physics of Atomic Nuclei. –2016. — Vol. 79. — No. 14. — pp. 1682–1687.
3. Subedi, D.P. Contact angle measurement for the surface characterization of solids/ D.P.Subedi // The Himalayan Physics. —2011. — Vol. II. — P. 1–4.
4. Bovey Frank A. The Effects of Ionizing Radiation on Natural and Synthetic Polymers./ Translation from English by candidate of chemical sciences V.L. Karpova et al.; under the editorship of doctor of physico-mathematical sciences Yu.S. Lazurkin — M.: Foreign Literature Publishing House. –1959. — 295 p. (Chapter IV. Statistical examination of cross-linking and destruction occurred

С. 85–107; Глава V. Полимерные углеводороды. 1. Полиэтилен и близкие к нему полимеры, С. 108–127).
5. Нейман, М.Б. Старение и стабилизация полимеров. — М.: Наука. — 1964. — 332 с. (Глава VI Старение и стабилизация полиамидов. — С. 197–257).
6. Казицын Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии. М.:Высшая школа. — 1971. — 264 с. (I. Сводная таблица характеристических групповых частот, С. 214–234).

under the effect of ionizing radiation, pp. 85–107; Chapter V. Polymer hydrocarbons. 1. Polyethylene and relative polymers, P. 108–127).
5. Neiman, M.B. Ageing and stabilization of polymers. — M.: Nauka. — 1964. — 332 pages (Chapter VI. Ageing and stabilization of polymers — P. 197–257).
6. Kazytsyn L.A., Kupletskaya N.B. The use of UV, IR and NMR-spectroscopy in organic chemistry. M.: Higher education. — 1971. — 264 p. (I. Summary table of characteristic group frequencies, P. 214–234).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Тарасюк Венера Тахировна — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник отдела применения тары в консервной промышленности, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования
142703, Московская область, г. Видное, Школьная, 78
Тел.: +7–926–541–43–73
E-mail: merkuri_venera@list.ru

Филиппович Виталий Павлович — старший научный сотрудник лаборатории процессов и оборудования консервного производства, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования
142703, Московская область, г. Видное, Школьная, 78
Тел.: +7–963–923–58–11
E-mail: vit_fil1@rambler.ru

Прокопенко Александр Валерьевич — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрофизические установки, Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт»
115409, Российская Федерация, г. Москва, Каширское шоссе, 31.
Тел.: +7–916–552–82–26
E-mail: pav14@mail.ru

Строкова Наталья Евгеньевна — младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории КГЭ химического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.
119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3.
Тел.: +7–495–939–33–21
E-mail: natalia.strokova@gmail.com

Егоркин Александр Вячеславович — директор отделения, Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации, ГК Росатом
115230, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 46
Тел.: +7–499–167–12–53
E-mail: egorkin@niitfa.ru

Часовских Алексей Владимирович — начальник лаборатории, Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации, ГК Росатом
115230, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 46
Тел.: +7–926–265–70–79
E-mail: chasovskih@list.ru

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 13.06.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Tarasyuk Venera Tahirovna — candidate of chemistry sciences, leading research scientist, Department of packaging, Russian Research Institute of Canning Technology.
142703, Moscow region, Vidnoe, Skolnaya str., 78
Tel.: +7–926–541–43–73
E-mail: merkuri_venera@list.ru

Filippovich Vitaliy Pavlovich — senior research scientist of the laboratory processes and equipment of canning production, Russian Research Institute of Canning Technology
142703, Moscow region, Vidnoe, Skolnaya str., 78
Tel.: +7–963–923–58–11
E-mail: vit_fil1@rambler.ru

Prokopenko Aleksandr Valerievich — candidate of technical sciences, docent , docent of the Department of electrophysical equipment, National Research Nuclear University «Moscow Engineering Physics Institute»
115409, Russia, Moscow, Kashirskoe shosse, 31
Tel.: +7–916–552–82–26
E-mail: pav14@mail.ru

Strokova Natalia Evgen'evna — junior research scientist, Research laboratory of KGE, Chemistry Department, M.V. Lomonosov Moscow State University
119991, Moscow, Leninskie gory, 1, building 3
Tel.: +7–495–939–33–21
E-mail: natalia.strokova@gmail.com

Egorkin Alexander Vyacheslavovich — director of the branch of Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom
15230, Russia, Moscow, Varshavskoe shosse, 46
Tel.: +7–499–167–12–53
E-mail: egorkin@niitfa.ru

Chasovskikh Alexey Vladimirovich — head of the laboratory of Research Institute of Technical Physics and Automation, Rosatom
115230, Russia, Moscow, Varshavskoe shosse, 46
Tel.: +7–926–265–70–79
E-mail: chasovskih@list.ru

Contribution

The authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 13.06.2017

УДК/UDK: 664.9.03+ 664.8.037.1+ 664.8.037.51 DOI 10.21323/2414-438X-2017-2-2-43-59

Lectures for specialists

FREEZING AS A METHOD OF FOOD PRESERVATION

ЗАМОРАЖИВАНИЕ КАК МЕТОД КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Ishevskiy A.L., Davydov I.A.
Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, ITMO University, St. Petersburg, Russia

Ключевые слова: *замораживание, консервирование, пищевые продукты.*

Keywords: *freezing, preservation, food products.*

Введение

Основными причинами порчи свежих пищевых продуктов являются присутствие в растительных и животных тканях микроорганизмов, которые разрушающе действуют на компоненты сырья. Дополнительное влияние на эти факторы оказывают воздух, температура, свет и т. д. В зависимости от характера сырья, причин его порчи и продукта, который необходимо получить, применяются соответствующие принципы и методы консервирования. Для предохранения продуктов от порчи необходимо создать такие условия их хранения либо так видоизменять их свойства, чтобы микроорганизмы или были уничтожены, или не могли развиваться, а ферменты, регулирующие биохимические процессы, были инактивированы. Первыми методами консервирования стали естественные процессы: соление, копчение, брожение и др. В 1810 г. французский кулинар Н. Аппер опубликовал книгу о консервировании пищевых продуктов с помощью тепла. Позднее был зарегистрирован английский патент на консервирование пищевых продуктов в герметически закрытых металлических банках. Многочисленные способы сохранения пищевых продуктов заключаются в основном в регулировании жизненных процессов в самом сырье и микроорганизмах. На этом основана классификация методов консервирования растительного сырья проф. Я. Я. Никитинского. Следует обратить внимание на то, что сырье животного происхождения перед консервированием не является живым объектом и отличается от растительных объектов, в которых после сбора урожая продолжаются процессы обмена веществ внутри тканей и с окружающей средой, в том числе и процесс дыхания. Поэтому не все моменты классификации методов консервирования касаются методов сохранения мяса теплокровных животных, рыбы, птицы. Регулирование жизненных процессов в этом случае касается лишь микрофлоры сырья.

Классификация

Различают три основные группы методов консервирования сырья и пищевых продуктов:

1. Методы, основанные на принципе биоза, т. е. поддержания жизненных процессов в сырье и использования его естественного иммунитета;

Introduction

The main reasons of fresh food spoilage are microorganisms that are present in plant and animal tissues and act destructively on raw material components. An additional effect on these factors have air, temperature, light and so on. Depending on the characteristics of raw materials, the reasons of their spoilage and a product that is to be produced, the appropriate principles and methods of preservation are used. To prevent product spoilage, it is necessary to create conditions of their storage or change their properties in such a way that microorganisms would be destroyed or could not develop and enzymes that regulate biochemical processes would be inactivated. The first methods of preservation were natural processes: salting, smoking, fermentation and so on. In 1810, French chef Nicolas Appert published a book on food preservation using heating. Later an English patent on food preservation in hermetically closed tin cans was registered. Multiple methods of food preservation consist mainly in regulation of vital processes both in raw materials and microorganisms. This is a basis of classification of plant raw material preservation by prof. Ya.Ya. Nikitinsky. It is necessary to pay attention to the fact that animal raw materials before preservation are not a living object and are different from plant objects, in which the processes of metabolism inside tissues and substance exchange with an environment (including the respiration process) are continued. Therefore, not all moments in classification of preservation methods are relevant to methods for preservation of meat from warm-blooded animals, fish and poultry. Regulation of life processes in this case concerns only raw material microflora.

Classification

Three main groups of methods for raw material and food preservation are distinguished:

1. Methods based on the biosis principle, i.e., maintenance of the life processes in raw materials and the use of their innate immunity.