



<https://doi.org/10.15407/polymerj.44.04.290>
УДК 678.54

Т.В. ДМИТРІЄВА,

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, 48, Харківське шосе, Київ, 02155, Україна,
ORCID: 0000-0002-3526-8395

Г.Є. ГЛІЄВА,

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, 48, Харківське шосе, Київ, 02155, Україна,
ORCID: 0000-0002-2916-0257

С.К. КРИМОВСЬКА,

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, 48, Харківське шосе, Київ, 02155, Україна,
ORCID: 0000-0002-9723-4633

В.І. БОРТНИЦЬКИЙ,

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, 48, Харківське шосе, Київ, 02155, Україна,
ORCID: 0000-0003-4954-6533

С.В. РЯБОВ,

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, 48, Харківське шосе, Київ, 02155, Україна,
ORCID: 0000-0003-2996-3794

ПЛІВКОТВІРНІ ТА ДЕСТРУКТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНИХ ПРИРОДНИХ ПОЛІМЕРІВ

Огляд присвячено дослідженню біодеградабельних плівкотвірних композицій з використанням модифікованих природних полімерів на прикладі крохмалю. Показано, що спектр можливостей його модифікації та вибір відповідних синтетичних полімерів залежать від способу отримання і сфери використання, а загалом спрямовані на захист довкілля. Досліджені фізико-механічні та структурні характеристики плівкотвірних полімерів полібутирату (PBAT) і полікапролактону (PCL), які належать до біодеградабельних полімерів, що переробляються екструзійним методом при додаванні термопластичного крохмалю, а також деструктивні властивості плівкотвірних композицій, отриманих із водних розчинів пластифікованого крохмалю після УФ-опромінення протягом 90 діб. Максимальна втрата міцності досягає 86 %, а втрата еластичності 93 %. Мас-спектрометричним методом досліджені структурні зміни композицій.

Ключові слова: термопластичний крохмаль, пластифікувальні добавки, плівкотвірні полімери, деструктивні властивості.

Вступ

Зростання виробництва синтетичних полімерних матеріалів, яке постійно відбувається в світі, призводить до нарощування обсягів відходів і забруднення навколишнього середовища. Створення біодеградабельних композицій з використанням сумішей синтетичних

пластиків з модифікованою природновідновлюваною сировиною уможливить вирішення цієї проблеми.

Один із перспективних природновідновлюваних полімерів багатотоннажного виробництва, що забезпечує біодеградабельність композиційного матеріалу, а також доступний за вартістю, – це крохмаль [1, 2].

Цитування: Дмитрієва Т.В., Глієва Г.Є., Кримовська С.К., Бортницький В.І., Рябов С.В. Плівкотвірні та деструктивні властивості композицій на основі модифікованих природних полімерів. *Полімерний журнал*. 2022. 44, № 4. С. 290—296. <https://doi.org/10.15407/polymerj.44.04.290>

Крохмаль не є справжнім термопластом, але за наявності пластифікаторів за високої температури він розплавляється, що дає змогу використовувати його в композиціях із синтетичними полімерами на литтєвому, екструзійному та роздувному обладнанні при виробництві полімерної продукції. Найбільш поширений пластифікатор при створенні термопластичного крохмалю (ТПК) – це гліцерин [2].

Найчастіше ТПК використовують у сумішах із поліетиленом (ПЕ), кополімерами етилену з вінілацетатом і поліпропіленом при екструзивній обробці [3, 4]. При отриманні плівок із формованих розчинів до крохмалю додавали полівініловий спирт, L-аспарагінову кислоту та добавки модифікатора [5]. Використання полівінілового спирту як плівкотвірної складової в композиціях із крохмалем доцільно в невеликих обсягах із урахуванням його вартості [6].

Як добавки пластифікувального призначення досліджено додавання до крохмалю 0,5 мас. % рисової олії, 1,5 мас. % капролактаму, 2 мас. % моностеарату гліцерину, 1 мас. % поліетиленового воску [7], 10 мас. % моногліцериду дистильованого і 30 мас. % гліцерину [8]. Отриманий ТПК використовують як компонент біодеградабельних полімерних плівкових композицій. Для отримання джгутів ТПК у процесі екструзії, які підлягають подрібненню на гранули, досліджені композиції крохмалю за вмісту як пластифікатора 30 мас. % гліцерину і 10 мас. % сорбітолу, який сприяє підвищенню твердості [9].

На цю композицію ТПК розроблені технічні умови ТУ 9187-134-00334735-16 [9].

Підвищення еластичності композицій на основі крохмалю і полілактиду досягається при використанні поліетиленгліколю як пластифікатора [10].

При виготовленні біологічно деградабельної термопластичної композиції як плівкотвірний компонент використовували 60–70 мас. % поліетилену і 30–40 мас. % ТПК. Складові ТПК – крохмаль, гліцерин і сорбітол [11, 12].

Забезпечення плівкотвірних властивостей біодеградабельних композицій, що містять природновідновлювані полімери, відбувається за рахунок суміщення з такими синтетичними полімерами як: поліолефіни, поліефіри, севілен, полівініловий спирт, полікапролактон,

ефіри целюлози, терефталати, вінілацетат [13, 14].

У роботі [15] досліджено вплив полікапролактону при розробці біоматеріалів на основі крохмалю (за концентрації 20 мас. %) на термічні і термомеханічні властивості сумішей. Суміщення компонентів пов'язано з утворенням водневих зв'язків між карбонільними групами полікапролактону і гідроксильними групами крохмалю, що доведено ІЧ-спектральним методом.

При використанні поліетилену як плівкотвірного компонента композицій з крохмалем відмічено зростання міцності отриманих матеріалів при додаванні дистильованих моногліцеридів як пластифікувальних добавок [16]. Дистильовані моногліцериди за своїм складом – це гліцеринові етери пальмітинової і стеаринової кислот, що мають високі емульгуючі властивості.

Досліджено використання гідроксипропілметилцелюлози як технологічної пластифікувальної добавки сумісно з гліцерином у рівних кількостях при утворенні ТПК (50 : 50) до крохмалю. Ця композиція ТПК при суміщенні з поліетиленом за співвідношення компонентів 60 : 40 забезпечує високу біодеградацію [17].

Для забезпечення ефективного суміщення плівкоутворювального компонента з ряду термопластичних полімерів із ТПК запропоновано використання рослинних олій: соєвої, касторової, лляної, ріпакової, оливкової, кукурудзяної та інших для пластифікації полімеру в процесі розплавлення. Розплав пластифікованого полімеру суміщується з розплавом ТПК і отримана суміш піддається подальшій технологічній обробці [14].

Гомогенізацію ТПК із плівкоутворювальним компонентом поліетиленом досліджено з використанням глибоких евтектичних розчинників – Deep eutectic solvents (DES) іонних рідин як модифікаторів [18]. Наявність DES дає легке суміщення поліолефіну з ТПК. Як DES використані суміші гідроксіетилтриметиламоній хлориду (холін) із сечовиною [18].

До біодеградабельних плівкотвірних пластиків, які в силу своїх структурних особливостей піддаються біодеградації, слід віднести, в першу чергу, полібутирати (кополімери адипінової кислоти, диметилтерефталату і 1,4-бутандіолу) скорочено ПВАТ, полібутиленсукцинати

(PBS), полікапролактони (PCL) і полігліколеву кислоту (PGA) [19– 22].

Експериментальна частина

Для детальнішого ознайомлення з характеристиками плівкотвірних полімерів PBAT, PCL і PE були проведені випробування їх міцності та еластичності згідно з ГОСТ 14236. Зразки зазначених полімерів отримували шляхом пресування за температури 110–120 °С протягом 15 хв.

З метою визначення особливостей структурних змін у полімерах PBAT і PCL під дією деструктивних факторів були проведені їх мас-спектрометричні дослідження на мас-спектрометрі MX 1321. Піроліз зразків відбувався в температурному діапазоні 25–400 °С за швидкості нагрівання 6 ± 1 °С/хв.

Обробку мас-спектрів летких продуктів термодеструкції зразків проводили за допомогою комп'ютерної програми, яка дає змогу реєструвати інтенсивність кожного іонного фрагмента за інтегральною площею під відповідним піком. Визначали температурну залежність виділення летких продуктів деструкції від температури та склад іонних фрагментів, що утворюються при розкладанні, інтенсивність (I) виділення окремих іонних фрагментів в ум. од.

З урахуванням того, що більш ефективні деструктивні властивості синтетичних полімерів досягаються введенням у композиції ТПК, були проведені дослідження крохмалю з пластифікувальними добавками на основі модифікованих ріпакової (МРО) та соєвої (МСО) олій. Як структуроутворювальні добавки використовували ПВС і Na-КМЦ, із водних розчинів яких отримували плівкові зразки.

Пластифікувальні добавки МРО та МСО отримували шляхом обробки ріпакової та соєвої олій 20 %-вим водним розчином NaOH за масового співвідношення 4 : 1, за температури 50 ± 2 °С упродовж 30 хв.

Деструктивні властивості зразків композицій оцінювали за зміною міцності та еластичності після витримання в кліматермокамері під дією УФ-опромінення упродовж 90 діб, за температури 38 ± 2 °С і вологості 96 ± 2 %.

Для визначення структурних змін у композиціях плівкових зразків за рахунок введення ТПК з модифікованими добавками, які при-

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики зразків плівкотвірних полімерів

Номер зразка	Назва полімеру	Міцність, (σ) , МПа	Еластичність, (ϵ) , %
1	PBAT	11,78	401,88
2	PCL	12,80	572,80
3	PE	11,57	501,46

швидшують деградабельність, були проведені мас-спектрометричні дослідження. Визначали температурну залежність зміни інтенсивності виділення летких продуктів термодеструкції плівкових зразків, загальний іонний струм (I), склад іонних фрагментів, що утворюються при терморозкладанні за різних температур, інтенсивність (I) виділення окремих іонних фрагментів в ум. од.

Результати дослідження та їх обговорення

В табл. 1 наведені характеристики міцності $(\sigma)_r$ та еластичності (ϵ) плівкотвірних полімерів PBAT, PCL і PE.

З наведених даних видно, що всі зазначені полімери мають високу еластичність і міцність, а значить, гарні плівкотвірні властивості при використанні.

Подальші дослідження проведені мас-спектрометричним методом і спрямовані на визначення структурних змін у полімерах PBAT і PCL під дією деструктивних факторів.

На рис.1 і в табл. 2 наведені залежність загального іонного струму виділення летких

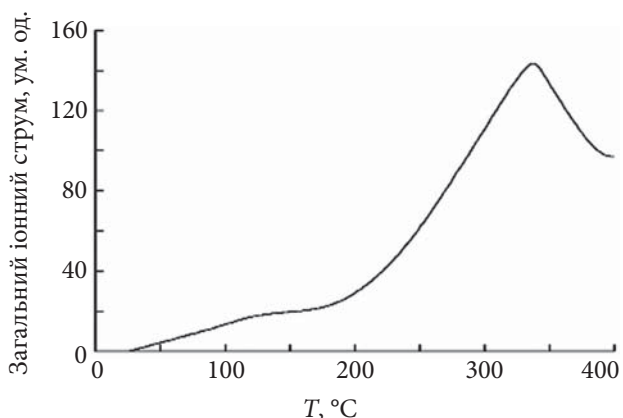


Рис. 1. Температурна залежність загального іонного струму виділення летких продуктів термодеструкції PBAT

Таблиця 2. Склад характеристичного мас-спектра легких продуктів деструкції РВАТ і їх інтенсивність в області максимуму 350 °С

<i>m/z</i>	Іонний фрагмент	<i>I</i> ·10 ⁴ , ум.од.
54	C ₃ H ₂ O; C ₃ H	3,586
149	C ₃ H ₉ O ₂ ; C ₁₀ H ₁₃ O;	2,299
18	H ₂ O ₂	1,934
39	C ₂ H ₃	1,824
44	CO ₃	1,706
55	C ₃ H ₃ O; C ₄ H ₇	1,662
28	CO	1,502
41	C ₂ HO; C ₃ H ₅	1,129
27	C ₂ H	1,087
53	C ₃ HO; C ₄ H ₅	1,074

продуктів деструкції від температури зразка РВАТ, склад характеристичного спектра та інтенсивність іонних фрагментів.

Загальна кількість іонних фрагментів в області максимуму 54, *max m/z* 203.

Характеристичний мас-спектр терморозкладу РВАТ *m/z* 54, 149, 18, 39, 44, 55, 28, 41, 27 і 53.

На рис. 2 і в табл. 3 наведені залежність загального іонного струму виділення легких продуктів деструкції від температури зразка РСЛ, склад характеристичного спектра та інтенсивність іонних фрагментів.

Загальна кількість іонних фрагментів в області максимуму 87, *max m/z* 229.

Як видно з рис. 1, 2 і табл. 2, 3, за кількістю продуктів деструкції та їх інтенсивністю РСЛ більш схильні до інтенсивних деструктивних процесів, ніж РВАТ, однак, обидва належать до композицій біодеградабельних полімерів, що переробляються екструзійним методом з додаванням ТПК.

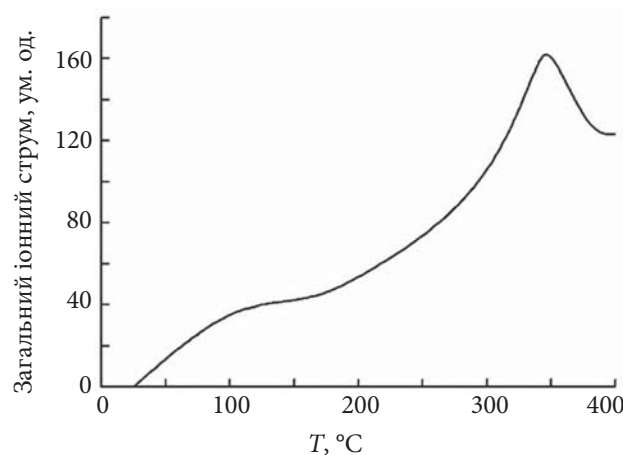


Рис. 2. Температурна залежність загального іонного струму виділення легких продуктів термодеструкції РСЛ

Таблиця 3. Склад характеристичних мас-спектрів легких продуктів деструкції РСЛ і їх інтенсивність в області максимуму 340 °С

<i>m/z</i>	Іонний фрагмент	<i>I</i> ·10 ⁴ ум. од.
55	C ₃ H ₃ O	14,880
42	C ₃ H ₆	8,392
41	C ₃ H ₅	6,355
115	C ₃ H ₅ O ₂	5,096
114	C ₈ H ₁₈ ; C ₆ H ₁₀ O ₂	4,703
84	C ₃ H ₁₁	4,658
60	CH ₂ COOH	4,199
56	C ₃ H ₄ O	3,557
69	C ₃ H ₉	3,501
44	CO ₂	3,329

У табл. 4 наведені фізико-механічні характеристики плівок композицій з використанням ТПК. За основу взятий крохмаль регулярний подвійної модифікації з використанням мікрохвильової обробки, пластифікувальних і структуроутворювальних добавок.

Деструктивні властивості зразків композицій оцінювали після витримання в кліматермокамері під дією УФ-опромінення упродовж 90 діб, за температури 38 ± 2 °С і вологості 96 ± 2 %. У табл. 4 наведені зміни фізико-механічних характеристик зразків плівок, що мають у складі ТПК, після УФ-опромінення.

З наведених результатів зміни фізико-механічних характеристик плівок композицій на основі Na-КМЦ і ПВС та ТПК після УФ-опромінення видно, що втрата міцності від 43 до 86 % і еластичності до 93 % свідчать про біодеградабельність цих композицій.

На рис. 3 наведена температурна залежність загального іонного струму виділення легких

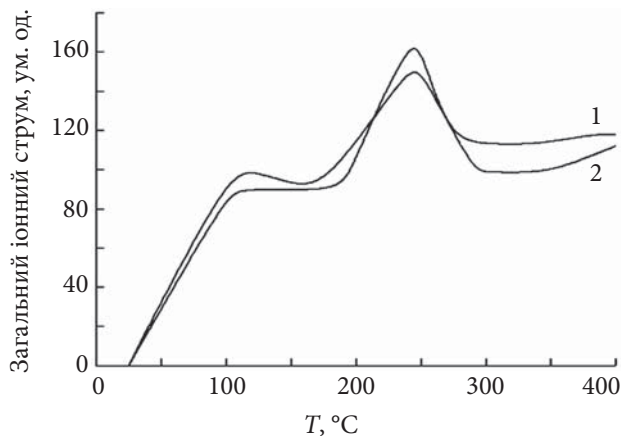


Рис. 3. Температурна залежність загального іонного струму виділення легких продуктів термодеструкції зразка № 1 вихідного (1) і після УФ-опромінення (2)

Таблиця 4. Зміна фізико-механічних характеристик плівок композицій термопластичних крохмалів після УФ-опромінення

Номер зразка	Пластифікувальна добавка до крохмалю	Кількість, %	Склад композиції	Кількість, %	Втрата міцності, %	Втрата еластичності, %
1	МРО	0,25	Крохмаль (ТПК)	2	86,5	93,1
2	МСО	0,25	Na-КМЦ	2	62,6	92,3
			Вода	2		
3	МРО	0,25	Крохмаль (ТПК)	2	43,8	93,4
			ПВС	2		
			Вода	2		

Таблиця 5. Склад характеристичних мас-спектрів продуктів термодеструкції та їх інтенсивність в області максимуму 250 °С зразка № 1 вихідного та після УФ-опромінення

m/z	Іонний фрагмент	I · 10 ⁴ ум.од.	
		Вихідний	Після УФ-опромінення
44	CO ₂ ; CH ₃ CHO	14,72	15,39
18	H ₂ O	9,48	9,28
43	CH ₃ CO	5,92	7,52
28	CO ₂ ; C ₂ H ₄	6,60	6,88
17	OH	3,33	3,84
31	CH ₃ O; CH ₂ OH	1,98	2,19
45	C ₂ H ₅ O; C ₂ H ₅ OH	1,78	1,98
	CH ₃ OCH ₃		
57	C ₂ H ₅ ; C ₂ H ₅ CO	1,79	1,58
29	CHO; C ₂ H ₅	2,10	1,54
60	CH ₃ COOH	1,39	1,37
		max m/z 264; n=83	max m/z 126; n=67

продуктів деструкції зразка №1, а в табл. 5 – склад характеристичних спектрів вихідного зразка та після УФ-опромінення.

Характеристичний мас-спектр продуктів термодеструкції зразка №1 m/z 44, 18, 43, 28, 17, 31, 45, 57, 29 і 60.

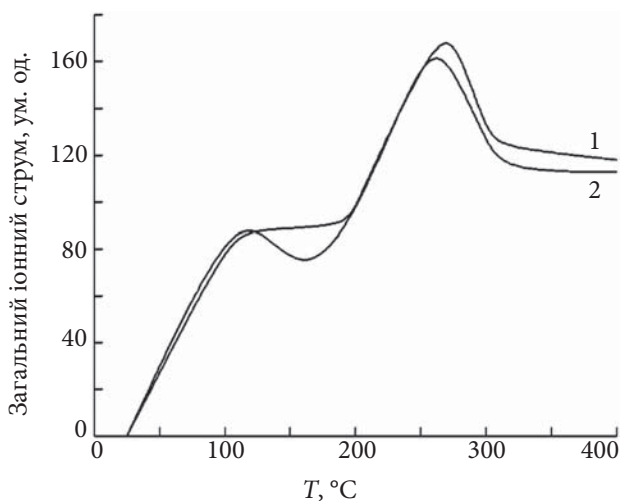


Рис. 4. Температурна залежність загального іонного струму виділення летких продуктів термодеструкції зразка №2 вихідного (1) і після УФ-опромінення (2)

Таблиця 6. Склад характеристичних мас-спектрів летких продуктів термодеструкції та їх інтенсивність в області максимуму 260 °С зразка № 2 вихідного та після УФ-опромінення

m/z	Іонний фрагмент	I · 10 ⁴ ум.од.	
		Вихідний	Після УФ-опромінення
44	CH ₃ CHO; CO ₂	13,26	11,64
41	C ₂ H ₅	11,21	9,70
43	CH ₃ CO; C ₃ H ₇	10,79	10,44
18	H ₂ O	10,47	9,82
29	CHO; C ₂ H ₅	9,40	7,63
70	C ₂ H ₅	8,89	9,07
39	C ₃ H ₇	7,61	5,41
69	C ₂ H ₅ ; C ₂ H ₅ CHO	6,63	5,39
81	C ₂ H ₅ ; C ₂ H ₅ O	5,19	4,61
42	C ₃ H ₇	3,58	3,31
		max m/z 149; n=115	max m/z 148; n=105

З наведених у табл. 4 і 5 даних видно, що деструктивні процеси ефективніше відбуваються у зразка №1, де крохмаль пластифікований добавкою МРО та структуроутворювальною Na-КМЦ. На це вказують втрата міцності, кількість летких продуктів деструкції з n 83 до n 67 та істотне зниження max m/z, що утворюється після УФ-опромінення з m/z 264 до m/z 126.

На рис. 4 наведена температурна залежність загального іонного струму виділення летких продуктів деструкції зразка № 2, а в табл. 6 – склад характеристичних спектрів вихідного зразка та після УФ-опромінення.

Характеристичний мас-спектр продуктів термодеструкції зразка № 2 m/z 44, 41, 43, 18, 29, 70, 39, 69, 81 і 42.

З наведених даних на рис. 3, 4 та в табл. 5, 6 видно як структура композицій змінюється під дією деструктивних факторів, що позначається на інтенсивності летких продуктів термодеструкції, їхніх складових, кількості та max m/z.

Автори робіт [20–22] з отримання ТПК, який додається до синтетичних полімерів у необхідній кількості, і забезпечує плівкоутворення та

ефективність біорозкладання, проаналізували найбільш ефективні плівкотвірні полімери за фізико-механічними характеристиками і схильністю до біорозкладання, дослідили як пластифікувальні, так і структуроутворювальні добавки.

Висновки

Проведений літературний огляд біодеградабельних плівкотвірних композицій з використанням модифікованих природних полімерів на прикладі крохмалю вказує на широкий спектр можливостей як модифікації, так і вибору відповідних синтетичних полімерів, які

легко деструктують, що відповідає вимогам захисту довкілля.

Поєднання в композиції вибраних синтетичних полімерів із модифікованими природними забезпечує пришвидшення біодеградабельних процесів, про що свідчать втрата міцності й еластичності, а також склад й інтенсивність продуктів термодеструкції.

На підставі проведеного аналізу з використанням термопластичного крохмалю можна дійти висновку, що дослідження необхідно продовжувати пошуком найбільш ефективних пластифікувальних добавок із урахуванням їх доступності, концентрації і забезпечення необхідних фізико-механічних характеристик.

REFERENCES

1. *Suvorova A.I., Tyukova I.S., Trufanova E.I.* Biorazlagaemye polimernye materialy na osnove krahmala. *Uspekhi himii*, 2000, **69**, no. 5: 494–504. <https://doi.org/10.1070/RC2000v069n05ABEH000505>.
2. *Tasekeev M.S., Ereemeva L.M.* Proizvodstvo biopolimerov kak odin iz putej resheniya problem ekologii i APK. *Analiticheskij obzor*. Almaty. 2009: 200. ISBN 978-601-258-010-5.
3. *Molavi H.* A review on biodegradable starch based film. *J.Microbiol., Biotechnol. Food Sci*, 2015, **4**, no. 5: 456–459. ISBN 1338-5178. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.5.456-461>.
4. *Biorazlagaemye polimernye smesi i kompozity iz vozobnovlyaemyh istochnikov*. Pod red. YU. Long; per. s angl. SPb.: Nauchn. osnovy i technologii, 2013: 464. ISBN 978-5-91703-035-7.
5. *Papkina V.Yu., Malinkina O.N., Shipovskaya A.B., Grebenyuk L.V., Stepanov M.V.* Svoystva, degradaciya v pochvogrunte i fitotoksichnost kompozitov krahmala s polivinilovym spirtom. *Izv. Sarat.un-ta Nov. ser. Ser. Himiya, Biologiya, Ekologiya*, 2018, **18**, no. 1: 25–35.
6. *Pavlenok A.V., Davydova O.V., Drobyshevskaya N.E., Poddenezhnyj E.N., Bojko A.A.* Poluchenie i svoystva biorazlagaemyh kompozicionnyh materialov na osnove polivinilovogo spirta i krahmala. *Vestnik GGTU im.P.O.Suhogo*, 2018, no. 1: 221–223.
7. Patent № 2724249 RU S 08 L 101/16. *Biologicheskii razrushaemaya termoplastichnaya kompoziciya*. F.U.Ashrapov, T.F.Ashrapova, D.N.Razumejko Publ. 29.04. 2019.
8. *Vasil'ev I.Yu., Anan'ev V.V., Chernaya I.V.* Sovershenstvovanie tekhnologii sozdaniya biorazlagaemyh kompozicij i vliyanie kompozicionnogo sostava na fiziko-mehaniicheskie svoystva. *International Scientific – Practical Conference "Innovations in publishing, printing and multimedia technologie"*. 2020.
9. *Kolpakova V.V., Usachev I.S., Sardzhveladze A.S., Lukin N.D., Anan'ev V.V.* Termoplastichnyj krahmal v sostave biorazlagaemoj polimernoj plenki. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo. Upakovka*, 2018, no. 1: 21–25.
10. *Rogovina S.Z., Aleksanyan K.V., Vladimirov L.V., Berlin A.A.* Biorazlagaemye polimernye materialy na osnove polilaktida. *Himicheskaya fizika*, 2019, **38**, no. 9: 39–46. <https://doi.org/10.1134/S0207401X19090097>.
11. Patent RU 2645677 S1. *Biologicheskii razrushaemaya termoplastichnaya kompoziciya*. N.D.Lukin, V.V.Anan'ev, V.V.Kolpakova, I.S.Usachev, A.S.Sardzhveladze, O.A.Sdobnikova, D.A.Solomin, D.N. Lukin. Publ. 27.02.2018.
12. *Ajiya D. A., Jikan S. S., Talip H.A., Badarulzaman N.A., Matias – Peralta, Derawi D., Yahaya S.* The Influence of Glycerol on Mechanical, Thermal and Morphological Properties of Thermoplastic Tapioca Starch Film. *Journal of Science and Technology*, 2017, **9**, no. 4: 24–29. <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/JST/article/view/2054>.
13. *Kolpakova V.V., Usachev I.S., Solomin D.A.* Biorazlagaemye polimery: sostavnye biokomponenty i tekhnologicheskie resheniya proizvodstva. *Pishchevaya promyshlennost*, 2019, no. 12: 51–57. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10197.
14. Patent RU 2013156459A. *Kompozitsii, soderzhaschie krahmal, polimer i maslo, sposoby ih polucheniya i ispol'zovaniya*. U.M.Allen, E.B.Bond, I.Noda, D.S.Myurrej. Publ. 27.06.2015.
15. *Estrada – Monje A., Alonso-Romero S., Zitzumbo-Guzman R., Estrada-Moreno I.A., Zaragoza-Contreras E.A.* Thermoplastic Starch – Based Blends with Improved Thermal and Thermomechanical Properties. *Polymers*. 2021, no. 13: 4263–4276. <https://doi.org/10.3390/polym13234263>.
16. *Vasil'ev I.Yu., Anan'ev V.V., Kolpakova V.V., Sardzhveladze A.S.* Razrabotka tekhnologii polucheniya biorazlagaemyh kompozicij na osnove polietilena, krahmala i monogliceridov. *Tonkie himicheskie tekhnologii*. 2020, **15**, no. 6: 44–55.

17. Patent RU 2570905 S1. Sposob polucheniya biodegradiruemoy termoplastichnoj kompozicii. L.S. Dyshlyuk, D.D.Belova, O.O.Babich, A.Yu.Prosekov, K.V.Karchin. Publ. 20.12. 2015.
18. Andrew P. Abbott, Tariq Z. Abolibda, Wanwan Qu, William R. Wise, Luka A. Wright Thermoplastic starch – polyethylene blends homogenized using deep eutectic solvents. Royal Society of Chemistry, 2017, no. 7: 7268–7273. <https://doi.org/10.1039/C7RA00135E>.
19. Arakelyan A.K., Serebrennikova A.O. Poluchenie bioplastika iz kartofel'nogo krahmala. Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept", 2017, **39**: 3906–3910.
20. Zhai X., Wang W., Zhang H., Dai Y., Dong H., Hou H. Effects of high starch content on the physicochemical properties of starch/PBAT nanocomposite films prepared by extrusion blowing. Carbohydrate Polymers, 2020: 239. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116231>.
21. Phothisarattana D., Wongphan P., Promhuad K., Promsorn J., Harnkarnsujarit N. Blown film extrusion of PBAT/TPS/ZnO nanocomposites for shelf-life extension of meat packaging. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2022: 214. (1):112472. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2022.112472>.
22. Wongphan P., Panrong T., Harnkarnsujarit N. Effect of different modified starches on physical, morphological, thermomechanical, barrier and biodegradation properties of cassava starch and polybutylene adipate terephthalate blend film. Food Packaging and Shelf Life, 2022, **32**: 100844. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100844>.

Received 14.07.2022

T.V. Dmitrieva,

Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine, 48, Kharkivske shose, Kyiv, 02155, Ukraine

S.K. Krymovska,

Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine, 48, Kharkivske shose, Kyiv, 02155, Ukraine

S.V. Glieva,

Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine, 48, Kharkivske shose, Kyiv, 02155, Ukraine

V.I. Bortnytsky,

Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine, 48, Kharkivske shose, Kyiv, 02155, Ukraine

S.V. Riabov,

Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine, 48, Kharkivske shose, Kyiv, 02155, Ukraine

FILM-FORMING AND DESTRUCTION POWERS OF COMPOSITIONS BASED ON MODIFICATIONS OF NATURAL POLYMERS

On the basis of the conducted literature review of biodegradable film-forming compositions using modified natural polymers, using the example of starch, it can be seen that the range of possibilities for its modification and the choice of suitable synthetic polymers depend on the method of production and the field of use, and are generally aimed at protecting the environment. The physico-mechanical and structural characteristics of film-forming polymers polybutyrate PBAT and polycaprolactone PCL, which belong to biodegradable polymers processed by the extrusion method with the addition of thermoplastic starch, were studied. The destructive properties of film-forming compositions obtained from aqueous solutions of plasticized starch after UV irradiation for 90 days were studied. The maximum loss of strength reaches 86%, and the loss of elasticity is 93%. The structural changes of the compositions were investigated by the mass spectrometric method.

Key words: thermoplastic starch, plasticizing additives, film-forming polymer, destructive property.