

Таблиця 3

Гідрохімічні параметри середовищ та швидкість корозії сталі ст. 3 після 1 місяця випробувань

Стан середовища	Ємність, мФ/м ²		Щільність струму за поляризації плівки, А/м ²		
	свіжеутвореної плівки	після анодної поляризації	за 10 хвилин	за 24 години	за 10 діб
1. Морська вода у склянці	10/1	170/10	0,47	0,13	0,2
2. 1 + 9 кг/м ³ Cl ⁻	–	–	1,08	0,45	0,27
3. 1 + 0,15 кг/м ³ HCO ₃ ⁻	–	–	0,55	0,29	0,04
4. 1 + тихий барботаж CO ₂	100/20	30/5	0,42	0,06	0,01
5. 1 + аерація + тихий барботаж CO ₂	450/70	100/20	0,36	0,04	0,01
6. 1 + 9 кг/м ³ Cl ⁻ + 0,15 кг/м ³ HCO ₃ ⁻	–	–	1,65	0,69	0,3

Ємність системи сталі ст. 3 – ОКП співставна з ємністю одношарових покриттів із нітрату целюлози чи алкідної смоли, сильно залежить від частоти змінного струму та являє собою явно електрохімічну ємність речовини у порах ОКП, що свідчить про дефектність її структури. У середовищах із підвищеною лужністю екрануючі властивості оксидно-карбонатних плівок виражено сильніше, ніж у морській воді, й руйнування відбувається повільніше, про що свідчить послаблення частотної залежності та зниження щільності струму при руйнуванні ОКП. Точкові руйнування оксидно-карбонатних плівок починались одночасно з анодною поляризацією, із часом вони збільшувались за площею та іноді зливались одне з іншим. Пошкодження металу під плівкою відтворювали малюнок руйнувань на ОКП; під незруйнованими оксидно-карбонатними плівками метал залишався гладеньким. Відсутність залежності числа точкових дефектів від кількості пропущеної електрики підтверджує їхнє зародження у початковий мо-

мент. При закріпленні ОКП обробувачами у період розвитку на ній пітингів останні можуть залишатися зафіксованими на металі протягом багатьох місяців.

У морях із океанічною солоністю локальна корозія на непасивованих сталях менш імовірна, ніж у Чорному морі внаслідок більш швидкого руйнування оксидно-карбонатних плівок та розтравлювання пітингів на металі.

Отже, при моделюванні у випробувальних середовищах сезонних змін гідрохімічних параметрів морської води (вмісту хлоридів за зміни загальної солоності, вмісту вуглекислого газу та кисню за розвитку різноманітних оброблюваних організмів) виявлено, що екрануючі властивості оксидно-карбонатної плівки (ОКП) на поверхні непасивованих сталей у морській воді поліпшуються з посиленням аерації та підвищенням лужності морської води. ОКП, сформована у морі у вегетаційний період, зменшує швидкість корозії вуглецевої сталі у 2,5-3 рази.

Поступила 09.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шумахера, М.И. Морская коррозия: Справочник [Текст] / Под ред. М.И.Шумахера. – М.: Металлургия, 1983. – 512 с.
2. Кеше Г. Коррозия металлов. [Текст] / Г. Кеше – М.: Металлургия, 1984. – 400 с.
3. Сорокин, Ю.И. Чёрное море [Текст] / Ю.И. Сорокин – М.: Наука, 1982 – 216 с.
4. Берникова, Т.А. Гидрология и гидрохимия [Текст] / Т.А. Берникова, А.Г. Демидова – М.: Химическая промышленность, 1977. – 312 с.
5. Розенфельд, И.Л. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями [Текст] / И.Л. Розенфельд, Ф.И. Рубинштейн – М.: Химия, 1987. – 223 с.

УДК: 664.16

ПОЛУМБРИК М.О., канд. техн. наук, пров. інженер

Національний університет харчових технологій, м. Київ

ЦИКЛОДЕКСТРИНИ В ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

Наведено практичні аспекти використання циклодекстринів в харчових продуктах. Молекулярна інкапсуляція за допомогою циклодекстринів покращує фізичну і хімічну стабільність харчових продуктів, попереджує розклад чутливих сполук і подовжує термін придатності готових виробів. Також обговорені технологічні особливості застосування циклодекстринів в харчових продуктах, в процесах обробки та пакувальних матеріалах.

Ключові слова: циклодекстрини, леткі сполуки, молекулярна інкапсуляція, комплекс включення.

The presented paper deals with the practical aspects of the cyclodextrins application in food industry. The molecular encapsulation of ingredients with cyclodextrins improves chemical and physical stability, inhibits destruction of several sensitive compounds and extended shelf life of food products. Technological aspects of cyclodextrins application in food, food processing and packaging materials has been discussed.

Keywords: cyclodextrins, volatile compounds, molecular encapsulation, inclusion complex.

Циклодекстрини (ЦД) – циклічні невідновлювальні олігомери α-D-глюкопіранози, які утворюються внаслідок трансформації крохмалю специфічними бактеріями, такими як *Bacillus macerans*. У 1891 році Віллієрс вперше встановив, що внаслідок фермента-

тивної обробки крохмалю утворюється кристалічна речовина, подібна до целюлози, яку він назвав “целюлозин” [1]. Пізніше австрійський мікробіолог Франц Шардінгер виділив мікроорганізми, що продукують кристалічні сполуки з крохмалю, які він назвав α- та β-декстрини. І лише Фройденберг та співр. наприкінці 30-тих років минулого століття встановили циклічну природу цих сполук [1]. Спочатку циклодекстрини вважались отруйними сполуками. Пізніше дослідження ЦД показали, що вони не тільки не токсичні, але мають важливе значення для захисту вітамінів, а також інших речовин, які визначають аромат і колір харчових продуктів [1-5].

Три основні типи циклодекстринів є кристалічними, гомогенними і негігроскопічними сполуками: α-ЦД, які утворені з шести фрагментів глюкопіранози, β-ЦД – з семи та γ-ЦД, які складаються з восьми залишків глюкопіранози. Кільце, яке складає циклодекстрин, в дійсності є циліндром, чи вірніше коніч-

ним циліндром, порожнина якого обмежена водневими зв'язками і глікозидними оксигеновими мостиками. Всі первинні гідроксильні групи розташовані з однієї сторони конуса, а вторинні – з іншої [2,3]. Неподілені електронні пари глікозидних атомів оксигену направлені всередину макромолекули, що зумовлює високу електронну густину порожнини, яка, таким чином, набуває властивостей основи Льюїса [1,2]. Діаметр і об'єм циклодекстринів приведені на рис. 1.

Унікальні властивості циклодекстринів пов'язані

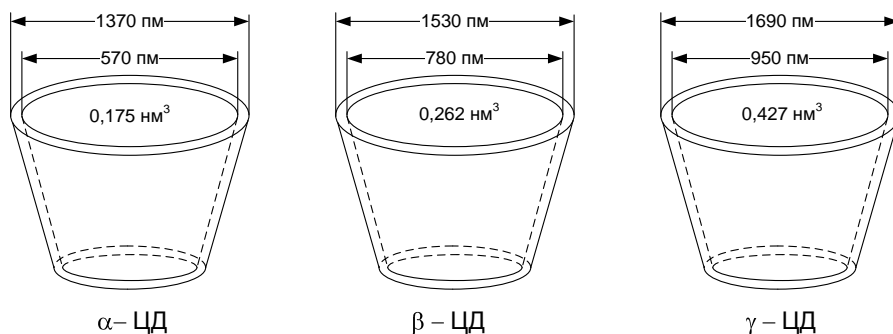


Рис. 1. Приблизний геометричний розмір і об'єм циклодекстринів

із здатністю утворювати комплекси "гість-хазяїн", подібно до карбонових нанотрубок, каліксаренів, краунетерів тощо. Неполарна молекула "гість" потрапляє у внутрішню частину циклодекстину (молекула "хазяїна"), заміщуючи молекули води, і утворює комплекс, який стабілізується за рахунок водневих зв'язків, Ван-дерваальсових сил, електростатичних взаємодій [1,3]. Найбільш розповсюдженим є комплекс, в якому молекули ЦД і "гостя" існують у співвідношенні 1:1. Таким чином, циклодекстрини – одні з найважливіших комплексоутворювачів у водному середовищі, в якому гідрофобні речовини, взаємодіючи з гідрофобною внутрішньою частиною циклодекстринів утворюють комплекс "гість-хазяїн". Кожен тип циклодекстринів утворює такі структури, але зважаючи на різний внутрішній об'єм, їх використовують для зв'язування певних речовин. α -Циклодекстрин природньо застосовують для зв'язування низькомолекулярних сполук, β -ЦД (рис. 2) – для комплексоутворення з ароматични-

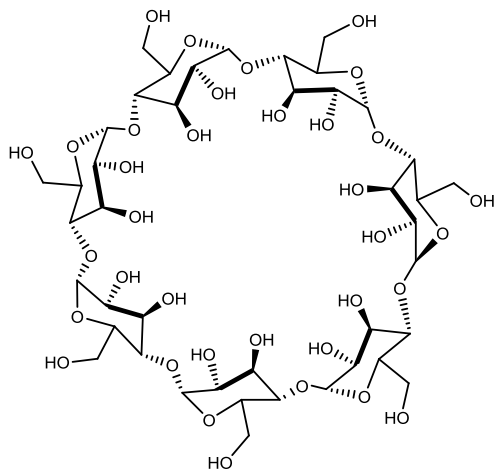


Рис. 2. Структурна формула β -циклодекстину

ми і гетероциклічними сполуками, а γ -ЦД краще зв'язує великі молекули, такі як макроцикли та стероїди.

Практичне використання циклодекстринів у світі щороку збільшується на 20...30 %, з яких 80-90 – у харчових технологіях. Крім того, ЦД також застосовують в фармацевтичній і хімічній промисловостях [1,2]. В фармацевтичній промисловості циклодекстрини та їх похідні використовуються в лікарських препаратах, як для утворення комплексів, так і в якості добавки, яка підвищує розчинність, а також в пігулках для підвищення біологічної доступності малорозчинних ліків. В хімічній промисловості циклодекстрини слугують каталізаторами для поліпшення селективності реакцій, а також для розділення і очищення речовин. В харчовій, тютюновій і косметичній промисловостях циклодекстрини все частіше використовують для стабілізації аромату, а також для вилучення сполук, які формують небажані аромат і смак, мікробіологічних забруднювачів та

інших речовин. В сільському господарстві ці олігосахариди слугують добавкою до пестицидів і можуть контролювати швидкість росту рослин. Циклодекстрини застосовують для захисту навколишнього середовища, зокрема для іммобілізації токсичних речовин (важких металів, трихлоретану) [5], прищвидшення їх розкладу і утворення стічних осадів.

Розчинність ЦД у воді досить неочікувана. Так, розчинність β -циклодекстину в 9 разів менша (1,85 г/100 мл за 298 К), ніж інших циклодекстринів (14,5 г/100 мл та 23,2 г/100 мл для α - та γ -ЦД, відповідно) [1]. При підвищенні температури розчинність цих олігосахаридів істотно збільшується.

В різних країнах світу циклодекстрини вводять до складу рецептур харчових продуктів в якості харчової добавки. Наприклад, в США всі наведені вище типи ЦД визнані безпечними для використання. Згідно з рекомендаціями комітету FAO/WHO щодо харчових добавок максимальна кількість β -циклодекстину не повинна перевищувати рівень 5 мг/кг ваги тіла людини на добу [1-5]. Циклодекстрини відносяться до олігосахаридів, що не засвоюються [1,2]. Їх споживання зменшує ризики виникнення цукрового діабету, серцево-судинних та онкологічних захворювань. Доведено, що додавання α -циклодекстринів зменшує глікемічну відповідь вуглеводмісних харчових продуктів [1]. Проте, тривале споживання значних кількостей циклодекстринів призводить до появи гастроентерологічних ускладнень, таких як здуття та діарея [1,5].

Циклодекстрини отримують з крохмалю чи його похідних дією ензиму циклодекстрин глікозилтрансферази (ЦГТ) [1-6]. Цей ензим продукує невідновлювальні циклічні декстрини з крохмалю, амілози та інших полісахаридів шляхом каталізу стадій трансглікозилювання: внутрішньомолекулярного приєднання і диспропорціонування, утворення α -(1 \rightarrow 4) олігосахаридів та модифікації довжини нециклічних декстринів. Внутрішньомолекулярна циклізація в подаль-

шому призводить до утворення ЦД. Молекулярна маса ЦГТ змінюється в межах від 60 до 110 кДа. Властивості цих ензимів великою мірою залежать від мікроорганізмів, з яких їх було отримано. Джерелом ЦГТ слугують згадані вже *Bacillus macerans*, а також *B. megaterium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Micrococcus lutens* тощо [6]. В наш час для виробництва циклодекстринів застосовують цілий ряд генетично модифікованих циклодекстринглікозилтрансфераз.

Незвичайні властивості циклодекстринів зумовлюють їх широке функціональне призначення при використанні у харчових продуктах. Найчастіше їх застосовують: для захисту їх ліпофільних компонентів, чутливих до дії кисню, світла та підвищеної температури; розчинення барвників та вітамінів; стабілізації смаку, аромату, вітамінів та ефірних масел; для вилучення речовин, які зумовлюють небажані смак та аромат; для контрольованого введення певних речовин –

комплексоутворення за участю циклодекстринів приводить до молекулярної інкапсуляції ароматизатора, яка гальмує або повністю виключає молекулярні взаємодії різних природних чи синтетичних харчових компонентів, таких як ароматизатори та ефірні масла [1-5, 8-12].

Для обмеження розкладу сполук, які формують смак і аромат продуктів та їх втрат під час обробки і зберігання широко застосовують інкапсуляцію за допомогою циклодекстринів, що дозволяє поліпшити молекулярну стабільність, зокрема фізичну стабільність шляхом гальмування росту кристалів і хімічну стабільність внаслідок гальмування і навіть пригнічення таких процесів, як леткість, фотолітичний розклад, дегідратація, гідроліз, сублимація, окиснення, стереохімічні перетворення. Прикладом цього є ромашкова, евкالیптова, лимонна олії, олії фенхелю, часнику, цибулі, а також камфора, ментол, тимол, цитраль тощо.

Таблиця 1

Поглинання кисню (мл/мг) бензальдегідом та цинамальдегідом та їх комплексами з β-циклодекстрином при температурі 37 °С в атмосфері чистого кисню

Зразок	Час експозиції					
	2 год.	4 год.	6 год.	8 год.	10 год.	12 год.
Бензальдегід	26	37	44	48	52	56
Бензальдегід/β-ЦД	2	4	4	4	4	5
Цинамальдегід	17	23	30	34	47	53
Цинамальдегід/β-ЦД	4	6	9	8	9	11

складових харчових продуктів; маскування небажаних смаку, аромату, кольору; збереження каталітичної активності; захисту речовин від мікробіологічного псування тощо.

Мікроінкапсуляція молекули гостя приводить до появи нових корисних його властивостей, а саме:

- стабілізація сполук, чутливих до дії кисню і світла;
- модифікація хімічної реакційної здатності;
- фіксація дуже летких сполук;
- збільшення розчинності сполук;
- захист від розкладу сполук, спричиненого мікробіологічною діяльністю;
- маскування небажаних смаку і аромату;
- каталітична активність циклодекстринів з молекулою гостя;
- маскування пігментів чи забарвлених сполук.

Циклодекстрини потенційно можуть слугувати зручним заміном жирів в продуктах з низьким їх вмістом поліпшуючи їх сенсорні властивості [7]. Так, додавання 3 % β-ЦД до приправ для салатів із низьким вмістом жирів забезпечує органолептичні характеристики звичайних виробів [7].

Циклодекстрини широко застосовують для молекулярної інкапсуляції. З точки зору функціональних властивостей циклодекстрини – це "пусті капсули", всередину яких може включатись одна молекула певної речовини. Таким чином,

збільшення хімічної стабільності інкапсульованих речовин. Вони можуть зберігатись навіть в екстремальних умовах. Таке комплексоутворення приводить майже до повного гальмування окиснення цих речовин (табл. 1) [3].

Важливою властивістю циклодекстринів є здатність запобігати розкладу речовин, чутливих до дії світла. Наприклад, цитраль – речовина, яка формує аромат, циклізується внаслідок УФ-випромінювання. Крім того, утворюються п-кімен та інші циклічні терпени, що істотно змінює аромат цитрусових. При додаванні β-циклодекстрину утворюється комплекс з цитралем, який не зазнає реакцій циклізації і розкладу навіть при УФ-опроміненні на протязі 6 годин (табл. 2) [3].

Таблиця 2

Ефект захисту комплексів циклодекстрину від дії УФ випромінювання

Зразок	Час експозиції, годин					
	0	4	8	12	24	48
	Вміст ароматизатора, %					
Цитраль/лактоза	9,7	6,1	4,0	2,4	0,7	0
Цитраль/β-ЦД	9,4	9,0	9,1	8,8	9,0	8
Цинамальдегід/лактоза	9,0	4,4	4,0	3,7	2,0	2,2
Цинамальдегід/β-ЦД	9,0	9,1	9,0	8,7	9,0	7,0

Подібні результати спостерігались при утворенні комплексів між β-циклодекстрином і іншими ароматизаторами. У водному розчині чи у водній суспензії комплекси частково дисоціюють, внаслідок чого відбувається розклад речовин, чутливих до випромінювання. Тому кількість таких сполук у зразку комплексу, який досліджувався у водному розчині, на

15...25 % менша, ніж у твердому зразку [3].

Циклодекстрини також застосовують для збільшення терміну придатності готових виробів. Вище вказувалося, що комплексоутворення між β -циклодекстрином та молекулами ароматизаторів приводить до їх стабілізації і, таким чином, подовжує термін зберігання готових виробів. Знайдено, що стабільність комплексу залежить від полярності і геометрії молекул ароматизатора. Найкращі результати отримані для захисту терпеноїдного, фенілпропанового та алкілсульфідного типів ароматизаторів, в той час як ароматизатори фенольного типу стабілізуються в меншій мірі [3].

Циклодекстрини є перспективними олігосахаридами для модифікації та вилучення небажаних смаку і аромату виробів. Гіркий смак – основна причина відмови від різних харчових продуктів, хоча і з певними виключеннями. В таких продуктах як пиво, вино, кава деякий гіркий присмак є очікуваним. Проте він є основним обмеженням у споживанні соків цитрусових. Два класи хімічних сполук – флавоноїди (в основному, нарингин) та лимонної кислоти (здебільшого, лимонин) зумовлюють гіркий присмак. Свіжі соки цитрусових його не мають, проте поступово набувають в процесі зберігання залежно від величини рН і температури. Одним з основним завдань в технології цих соків є вилучення компонентів, які формують гіркий присмак. При цьому необхідно забезпечити необхідний смак соку і його харчову цінність, що можна досягнути при використанні α - та β -циклодекстринів. Ці олігосахариди, зокрема, використовуються для зменшення гіркого присмаку апельсинового та грейпфрутового соків. Знайдено, що ступінь вилучення лимонину при використанні α - та β -ЦД майже однаковий, але β -ЦД на 20 % більше зв'яже нарингин і масла [8]. Додавання 0,005-1 % β -циклодекстрину до консервованих цитрусових попереджує утворення осаду, який зумовлений присутністю погано розчинних нарингину і гесперидину [3]. Циклодекстрини ефективно знижують гіркий смак ряду екстрактів рослин у такому порядку $\gamma \gg \beta \gg \alpha$ [5].

Співвідношення зв'язаних в комплексі і вільних молекул "гостя" у водному розчині циклодекстрину залежить від ряду факторів, зокрема від константи асоціації, температури і концентрації компонентів. В концентрованому холодному і гарячому розчинах рівновага зміщується в бік утворення комплексу (та кристалізації), в той час як теплому, розведеному розчині комплекс дисоціює з утворенням вільних молекул "гостя". Тому, наприклад, циклодекстрини ефективно вилучають похідні фенолу, які утворюються при нагріванні кави та чаю на протязі декількох годин при температурі 90 °С, а саме при додаванні цих олігосахаридів до гарячих напоїв.

При низьких температурах і високих концентраціях циклодекстрину сполуки, які формують неприємні смак і аромат, можуть бути ефективно вилучені.

Гідролізат молочного казеїну – джерело білків, які легко засвоюються, проте гіркий смак значно

обмежує його використання. При додаванні 10 %-ків β -циклодекстрину гіркота цього смаку нівелюється. Подібно до цього, гіркий смак екстракту женьшеню та етиленгліколю може бути модифікований при використанні β -ЦД [3,5].

Комплексоутворення циклодекстринів з підсолоджувачами, такими як аспартам, стабілізує і покращує смакові якості останнього [2]. Застосування циклодекстринів приводить до зникнення гіркого післясмаку багатьох підсолоджувачів, зокрема стевіозиду, гліциризину, рубузозиду. Сам по собі циклодекстрин – досить перспективний цукрозамінник. Він використовується для покращення смакових якостей навіть алкогольних напоїв, таких як віскі та пиво [9].

Як зазначено вище, циклодекстрини мають гідрофільну зовнішню поверхню і гідрофобну внутрішню порожнину. Тому їх застосовують у водних емульсіях, зокрема в технології майонезу і соусів. Натуральні компоненти, які зумовлюють колір в томатному кетчупі, стабілізуються при додаванні 0,2 % β -циклодекстрину. Отриманий кетчуп, на відміну від звичайного, не знебарвлюється при температурі 100 °С протягом 2 годин [3].

Тверді композиції, які містять відновлювальні моно- чи дисахариди та амінокислоти, швидко темніють внаслідок реакції Майяра, а також злипаються [3]. Ці небажані явища можна виключити при використанні циклодекстринів. Наприклад, додавання β -циклодекстрину у кількості 20 % до сухої суміші соку, який складається із зневодненої глюкози, L-аспартату натрію, D- та L-аланіну, лимонної кислоти та неорганічних солей значно стабілізує цю композицію. При зберіганні на протязі 30 днів при температурі 40 °С не виявлено змін кольору та злипання. При цьому в суміші, яка не містила циклодекстрин, помітне злипання спостерігалось вже на другий, а утворення коричневих пігментів – на четвертий день зберігання.

Желатинізація вважається важливою характеристикою крохмалів (її температура, ступінь набухання гранул крохмалю, в'язкість утвореної пасти), а також продуктів, які їх містять, таких як борошно. Присутність β -ЦД істотно модифікує желатинізацію пшеничного крохмалю [10]. Присутність β -ЦД в кількості 1,5 % збільшує ступінь набухання, розчинність крохмальних гранул, і, особливо, ізолювання амілозної фракції. В'язкість крохмального клейстеру збільшується в чотири рази при додаванні 1,5 % β -ЦД. Ймовірно, він руйнує комплекси ліпідів і амілози, оскільки після видалення жирів з борошна ефект ЦД втрачається.

β -ЦД застосовують для суттєвого зменшення вмісту холестеролу в продуктах тваринного походження, що дозволяє покращити харчові характеристики останніх [1,11]. Зокрема, в Бельгії з 1992 року виготовляють вершкове масло Balade™ із низьким вмістом холестеролу [11]. При його виробництві розплавлене масло змішують з кристалічним β -циклодекстрином, який не реагує з тригліцидами, проте утворює стабільний комплекс з холестеролом. Цей комплекс видаляється з розпла-

ву, а отримане масло містить на 90 % холестеролу менше, ніж звичайне. Крім того, в маслі не залишається циклодекстрину. Цей олігосахарид також використовується для виробництва твердих сирів, майонезу, молока із зниженим вмістом холестеролу [1-3,11]. Застосування β -циклодекстрину для отримання збитого тіста із зменшеним вмістом холестеролу викликає флокуляцію жирів, наслідком якої є зменшення часу, необхідного для збиття.

Ефективність екстракції обжарених кавових зерен у водному розчині покращується при додаванні β -циклодекстрину. Отримання розчиненого кавового порошку, який містить цей олігосахарид, шляхом сухого заморожування чи розпилювального сушіння приводить до збільшення кількості летких речовин, які зумовлюють аромат продукту [1,12].

Циклодекстрини корисні для трансформації рідких речовин. Часто технологічно необхідно застосовувати речовини в твердому стані. Деякі есенційні речовини реагуючі з ЦД утворюють кристалічні комплекси. Комплексоутворення також дозволяє знизити гігроскопічність і ступінь мікробіологічного забруднення.

Циклодекстрини використовують для виготовлення пакувальних матеріалів. По-перше, вони зменшують вміст органічних летких забруднювачів у таких матеріалах. По-друге, вони покращують їх бар'єрні властивості. Таким чином, застосування цих олігосахаридів, загалом, поліпшує сенсорні властивості пакувальних матеріалів, підтримуючи якість і безпеку харчових продуктів [1,2].

Цікаво, що на поверхні пластикових плівок з вінілацетату та поліпропілену, які містять комплекс циклодекстрину з йодом і використовуються для пакування харчових продуктів, не спостерігається зростання кількості штамів мікроорганізмів *Aspergillus*, *Penicillium* та *Trichoderma* [3]. Так, внесення як антисептичного агента комплексу ЦД з йодом в кількості 0,1 % зберігає якість рибної пасти, яка зберігається протягом 2 місяців при 20 °C і замороженої риби шляхом пригнічення діяльності гнильної мікрофлори [5]. Включення фунгіцидних

циклодекстринових комплексів до полімерних плівок, наприклад, при пакуванні твердих сирів, істотно збільшує термін придатності останніх внаслідок гальмування розмноження плісняви на поверхні сиру.

Нещодавно Аяяла і співавт. запропонували новий метод зберігання харчових продуктів в умовах високої вологості [13]. Вони використали комплекс, який утворює β -циклодекстрин з етерними маслами, які мають антимікробіологічні властивості, зокрема комплекс β -циклодекстрину з евгенолом для зберігання упакованих свіжих порізаних фруктів та овочів. Основним фактором псування цих продуктів є діяльність мікроорганізмів. В процесі зберігання збільшується відносна вологість повітря всередині упаковки. При цьому ступінь дисоціації комплексу збільшується, частина евгенолу звільнюється, що зумовлює істотне гальмування діяльності мікроорганізмів. На думку авторів, залежно від типу харчових продуктів і умов зберігання можливо використати комплекс "гість-хазяїн" для істотного зменшення або навіть повного виключення мікробіологічного псування [13]. Таким чином, негативний фактор, яким вважалось збільшення вологості, при використанні циклодекстринів набуває переваг і сприяє збільшенню термінів придатності виробів.

Таким чином, застосування циклодекстринів в харчовій промисловості істотно збільшилось за останні роки. Завдяки здатності до утворення комплексів "гість-хазяїн", ці сполуки сприяють збереженню летких ароматизаторів, виводять небажані речовини з харчових продуктів, модифікують їх харчові властивості. Крім того, циклодекстрини – важливі модулятори кольору харчових продуктів, завдяки здатності утворювати комплекс з ензимом поліфенолоксидазою, який каталізує реакції, внаслідок яких синтезуються пігменти і, таким чином, гальмує накопичення останніх, зокрема у фруктових соках. Перспективним є виробництво пакувальних матеріалів з циклодекстринами.

Поступила 09.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Functional food product development [Tekst]. Edited by J Smith, E. Charter. – 2010. Wiley-Blackwell: Singapoure. – 528 p.
2. Astray, G. A review on the use of cyclodextrins in foods [Tekst] / G. Astray, C. Gonzalez-Barreiro, J.C. Mejuto et. al. // *Food Hydrocol.* 2009. v. 23, p. 1631-1640.
3. Szentle, L. Cyclodextrins as food ingredients [Tekst] / L. Szentle, J. Szejtli // *Trends Food Sci. Nutr.* 2004. v. 15, p. 137-142.
4. Cravotto, G. Cyclodextrins as food additives and in food processing [Tekst] / G. Cravotto, A. Binello, E. Baranelli et. al. // *Cur. Nutr. Food Sci.* 2006. v. 2, p. 343-350.
5. Cabral-Marquez, H. A review on cyclodextrin encapsulation of essential oils and volatiles [Tekst] / H. Cabral-Marquez // *Flavour Frag. J.* 2010. v. 25, p. 313-326.
6. Biwer, A. Enzymatic production of cyclodextrins [Tekst] / A. Biwer, G. Antranikian, E. Heinze // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2002. v. 59, p. 609-617.
7. Reineccius, T.A. Potential for β -cyclodextrin as partial fat replacer in low-fat foods [Tekst] / T.A. Reineccius, G.A. Reineccius, T.L. Peppers // *J. Food Sci.* 2004. v. 69, p. 335-341.
8. Shaw, P.E. Improved flavor of navel orange and grapefruit juices by removal of bitter components with β -cyclodextrin polymer [Tekst] / P.E. Shaw, J.H. Tatum, C.W. Wilson // *J. Agric. Food Chem.* 1984. v. 32, p. 832-836.
9. Singh, M. Biotechnological applications of cyclodextrins [Tekst] / M. Singh, R. Sharma, U.C. Banerjee // *Biotechnol. Adv.* 2002. v. 20, p. 341-359.
10. Kim, H.O. Modification of wheat flour dough characteristics with cyclodextrins [Tekst] / H.O. Kim, R.D. Hill // *Cereal Chem.* 1984. v. 61, p. 406-407.
11. Eur Pat. Appl. EP 440539. Refining mixtures containing complexes of cyclodextrins with lipophilic compounds such as fatty acids. Comini S., Mentink L. Roquette Freres (Франція). 1991.
12. Wagner, C.W. Reduction of grape fruit bitter components by cyclodextrin polymers [Tekst] / C.W. Wagner, C.W. Wilson, P.E. Shaw // *J. Food Sci.* 1988. v. 53, 516-518.
13. Ayala-Zavala, J.F. High relative humidity in-package of fresh-cut fruits and vegetables: advantage or disadvantage considering microbiological problems and antimicrobial delivering systems [Tekst] / J.F. Ayala-Zavala, del Toro-Sanchez, E. Alvarez-Parilla // *J. Food Sci.* 2008. v. 73, p. R41-R47.