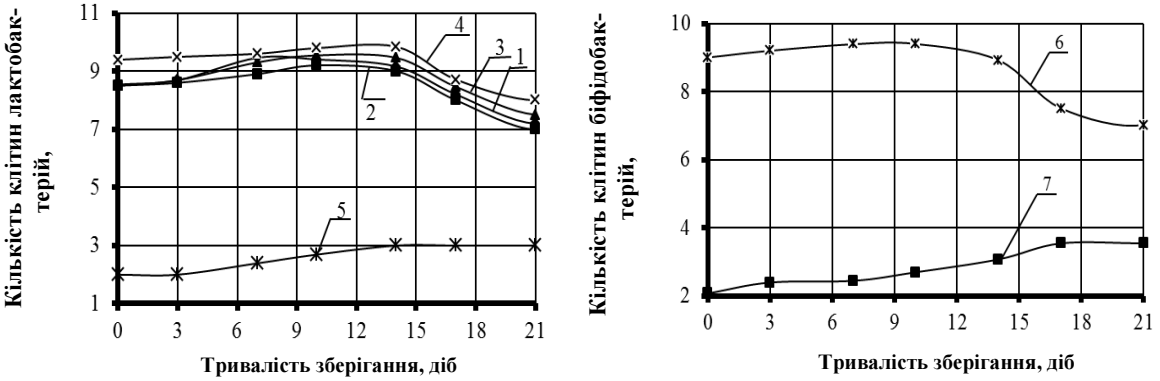

а б

1 – без інкапсульованих пробіотиків (контроль); 2 – рідка фаза йогурту, що містить інкапсульовані біфідобактерії; 3 – рідка фаза йогурту, що містить інкапсульовані лактобактерії; 4 – гранули, що містять інкапсульовані лактобактерії; 5 – клітини лактобактерій, які дифундували в гранули, що містять біфідобактерії; 6 – гранули, що містять інкапсульовані біфідобактерії; 7 – клітини біфідобактерій, які дифундували в рідку фазу йогурту

Рис. 3 – Зміна кількості життєздатних клітин *Lactobacillus acidophilus Ep-317/402 (а) і Bifidobacterium bifidum-1* (б) у досліджуваних зразках йогурту у процесі зберігання

Важливим критерієм оцінки всіх зразків йогурту протягом усього часу зберігання були органолептичні показники. Всі зразки йогурту протягом 14 діб зберігання мали чистий кисломолочний смак і запах, зі злегка вираженим солодкуватим присмаком, обумовленим наявністю в нормалізованій суміші фруктово-ягідного наповнювача. На 21 добу зберігання всі зразки мали зайвий кислий смак і запах, а також спостерігалося невелике відокремлення сироватки, що знижує їхні споживчі властивості [4].

Висновки. Отримані результати показують, що використання технології іммобілізації пробіотичних мікроорганізмів у виробництві кисломолочного продукту дозволяє захистити їх від кислого середовища протягом 14 діб зберігання та забезпечити необхідною кількістю пробіотичних клітин організм людини.

Література

1. Щербак О. Йогурт: смачно, корисно, поживно // Продукты и ингредиенты. 2010, – № 5, – С. 61-62.
2. Кравцова О. Якість йогуртів [Текст] / О. Кравцова, Т. Скорченко // Харчова і переробна промисловість. – 2007. – № 11, – С. 21-23.
3. Воловик Т.М. Капсульовані форми пробіотиків у виробництві йогурту [текст] /Т.М. Воловик, М.І. Гоцуленко, Л.В. Капрельянц // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м’ясної, олієжирової та молочної галузей», 22–23 березня 2012 р. – К.: НУХТ, – С. 51.
4. Воловик Т.Н. Разработка технологии инкапсулирования пробиотических микроорганизмов: дис. канд. техн. наук / Т.Н. Воловик // Одесская национальная академия пищевых технологий – Одесса, 2012. – 153 с.

УДК: 577.152.32: 572.224.4

КІНЕТИКА ГІДРОЛІЗУ ФРУКТОЗАНІВ ФЕРМЕНТАМИ КУЛЬТУР ДРІЖДЖІВ, ОБРОБЛЕНИХ МУТАҐЕНОМ

Янченко К.А., асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Фруктоза – перспективний цукор для виготовлення дієтичної продукції. Одержання продуктів із високою концентрацією фруктози можливе шляхом гідролізу фруктозанів як хімічного, так і ферментативного, при цьому останній має ряд переваг. Попередньо було показано, що культури дріжджів, оброблених мутагеном, продукують фруктанлітичні ферменти інтенсивніше, про що свідчать залежності

нагромадження фруктози у середовищі, що містить фруктани бульб топінамбура, ферментованому попередньо нарощеними культурами та субкультурами дріжджів. При цьому спостерігаються як прості кінетичні залежності нагромадження фруктози від часу, так і складніші, які містять перегин або максимум із мінімумом. За характером кінетичних кривих, а також змінами величин плям на паперових хроматограмах можна судити про особливості процесу з участю різних дріжджів.

Fructose is a sugar promising for the manufacture of dietary products. Preparing foodstuffs with a high concentration of fructose possible by hydrolysis of fructans, as chemical, so enzymatic, while the latter has a number of re-benefits. Previously it was shown, that yeast cultures treated with mutagen produce fructanlytic enzymes more intensive, as evidenced by the dependence of fructose accumulation in medium containing fructans of Jerusalem artichoke tubers, by previously grown colonies of yeast cultures and subcultures. Thus there are both simple kinetic fructose accumulation dependences on the time and the complex ones, containing the bend or a minimum with a maximum. The character of the kinetic curves, and the changes of spots value on paper chromatograms can explain the peculiarities of the processes, involving different yeast.

Ключові слова: фруктоза, гідроліз фруктозанів, фруктанлітичні ферменти, субкультури дріжджів, мутаґенез, кінетика гідролізу.

Фруктоза – перспективний цукор для виготовлення дієтичної продукції. Використання її дозволяє майже у два рази знизити калорійність харчових продуктів. Останнім часом у ряді розвинених країн для виробництва дієтичної продукції використовують фруктозу в різних галузях харчової промисловості – молочній, консервній, кондитерській, хлібобулочній тощо.

Для одержання фруктози використовують рослини з високим вмістом інуліну та інших ґлюкозилфруктанів – топінамбур, цикорій тощо. Інулін – природний поліцукрид, який на 95 – 98 % складається з фруктози. Він являє собою лінійний полімер фруктози з β-2,1 зв'язками та залишком молекули ґлюкози на початку ланцюга (1). Інулін засвоюється орґанізмом на 40 %, фруктоза – на 95 %. Це дозволяє, на думку багатьох фахівців, рекомендувати інулін до використання при виробництві високоефективних лікарських засобів, необхідних для корекції обміну речовин при цукровому діабеті, атеросклерозі, ожирінні, при захворюванні нирок, печінки, серцево-судинної системи.

У промисловості для одержання фруктози із поліцукридів доволі широко використовують досить тривалий кислотний спосіб гідролізу інуліну, який супроводжується утворенням значної кількості побічних продуктів.

Нами досліджено ферментативний спосіб гідролізу інуліну, зокрема за допомогою ферментів, які продукують такі мікроорганізми, як дріжджі (2).

Встановлено, що дріжджі продукують цілий спектр фруктанлітичних ферментів, продуктивність яких підвищується при використанні субкультур, одержаних внаслідок обробки їх мутагеном (нітрозоґуанідином). Оскільки нативні клітини дріжджів містять також інші ферментні комплекси, то для стримування активної дії інших ферментів, окрім фруктангідролітичних, нарощування біомаси культури здійснювали при температурі 30 – 35 °С, а процес гідролізу проводили при температурі 50 – 55 °С.

Нами досліджено кінетику нагромадження фруктози під дією фруктангідролітичних ферментів різних культур дріжджів. Оцінюючи характер отриманих кінетичних кривих, можна помітити, що до 2-ї години гідролізу нагромаджується фруктоза, а далі, на деяких кривих, нагромадження фруктози припиняється або інколи навіть кількість її зменшується, що ймовірно пов'язано з діяльністю інших ферментів. Після 6-ї години гідролізу спостерігається зростання вмісту фруктози у ферментованому середовищі. Повне насичення ферментованого середовища фруктозою відбувається після 8 годин гідролізу. В той самий час нами отримано кінетичні криві, на яких спостерігається безперервне зростання вмісту фруктози у ферментованому середовищі.

Нами проведено порівняльний аналіз дії комплексу ферментів *Candida kefyr* Y-922 (культура № 2) під час гідролізу екстракту з бульб топінамбура, чистого інуліну та цукрози. Результати дослідження показали, що найбільше нагромадження фруктози відбувається у розчині екстракту з бульб топінамбуру (масова частка сухих речовин ω = 14 %), за ним слідує розчин чистого інуліну з масовою часткою ω=7 % і розчин цукрози з масовою часткою ω = 20 %. Найбільший вміст фруктози у дослідних зразках на 8-му годину процесу гідролізу становив 10,86 %, 7,34 % та 7,14 %, відповідно. Одержані дані можуть свідчити про метаболізацію частини фруктози чи ізомеризацію її до ґлюкози.

Наступним кроком було проведення дослідження залежності нагромадження фруктози при гідролізі фруктозанів бульб топінамбура субкультурами *Candida kefyr* Y-922 від часу, тобто власне кінетики даного процесу. Отримані результати дослідів наведено в табл. 1 та на рис. 1.

Таблиця 1 – Залежність вмісту фруктози (%) у середовищі, ферментованому культурою дріжджів *Candida kefyr* Y-922 та її субкультурами

Число субкультури	Час гідролізу, год.			
	2	4	6	8
2	1,25	4,3	5,1	6,2
21	2,3	3,9	4,2	4,35
22	1,3	3,65	4,9	5,6
26	4,55	6	7,4	8,65
29	1,4	6,1	7,55	8,65
20	3,8	6,15	6,5	6,7

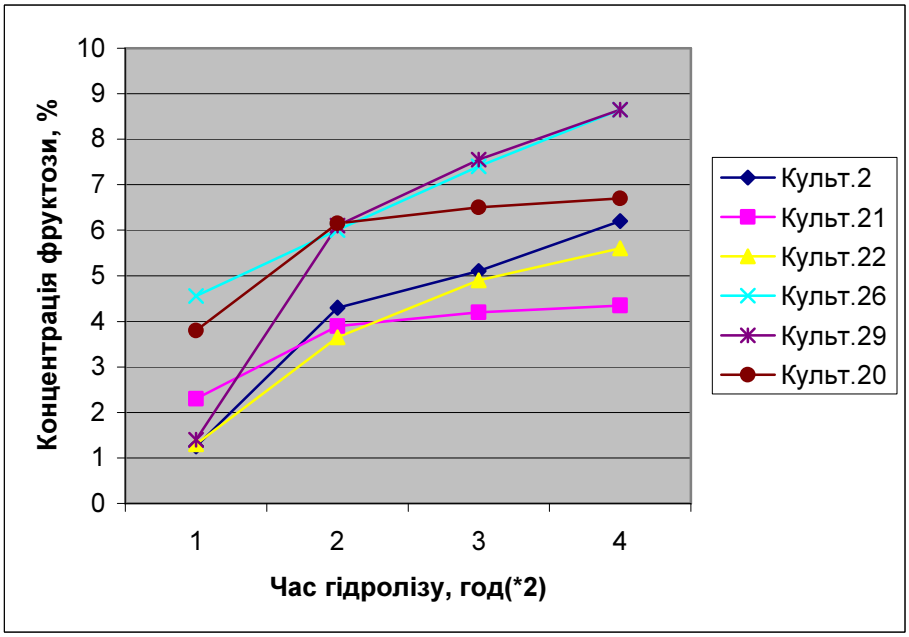

Рис. 1 – Кінетика гідролізу фруктанів бульб топінамбура ферментами *Candida kefyr* Y-922

У ще одній серії дослідів було використано мутантні субкультури різних культур: *Candida kefyr* Y-257 (культура № 1) та Y-922 (культура № 2), *Kluyveromyces marxianus* Y-2012 (культура № 6), *Debaryomyces disporus* Y-1034 (культура № 7). Досліди показали, що залежно від використаних культур та субкультур відповідних дріжджів спостерігаються різні форми кінетичних кривих. Так, при використанні культур і субкультур *Candida kefyr* Y-257 (№ 1) і Y-922 (№ 2) процесові притаманні прості кінетичні криві нагромадження фруктози у ферментованому середовищі, а для культур *Kluyveromyces marxianus* Y-2012 (№ 6) і *Debaryomyces disporus* Y-1034 (культура № 7) властиві кінетичні залежності з максимумом і мінімумом вмісту фруктози у ферментованому середовищі в процесі гідролізу.

Таблиця 2 – Нагромадження фруктози (%) внаслідок гідролізу фруктозанів ферментами субкультур різних культур дріжджів

Число субкультури*	Час гідролізу, год.			
	1	2	4	12
15	2,05	4,8	6,95	12,5
20	3,0	3,85	4,5	10,9
64	1,15	0,85	2,2	7,7
60	1,0	1,1	2,2	6,9
70	1,25	1,15	0,85	4,9

(*Перша цифра означає число вихідної культури)

Це може свідчити про перебіг побічних процесів часткового метаболізму фруктози, а також про дію різних ферментів: одних на початковому етапі ферментативного гідролізу (до 2 – 4 годин), інших – на прикінцевому етапі процесу (після 4 – 6 годин).

Незважаючи на різні кінетичні залежності, комплекси ферментів більшості найпродуктивніших субкультур досягають приблизно однакового вмісту фруктози у ферментованому середовищі за тривалості процесу гідролізу протягом 8 – 12 годин.

Повторна обробка мутагеном субкультур дещо підвищує продуктивність фруктозанлітичного комплексу дріжджів, але на кінетичних залежностях нагромадження вмісту фруктози у ферментованому середовищі це не відобразилося.

Якщо досліджувати гідроліз фруктозанів за допомогою паперової хроматографії (3), то, виходячи з характеру змін хроматографічних плям, можна стверджувати, що дріжджі виробляють переважно ферменти з екзо-гідролазною активністю. Такий висновок можна зробити з того, що у процесі гідролізу спочатку зменшуються плями нижчих оліґомерів ґлюкозилфруктанів разом із плямами цукрози, найближчі до фронту системи розчинників на хроматограмі після плям фруктози та ґлюкози. Потім поступово зникають плями вищих оліґомерів, і врешті зникають «хвости» разом зі стартовими плямами, які, найбільш імовірно, відповідають інуліну та його найближчим гомологам.

Література

1. Янченко К.А. Обробка нітрозоґуанідином культур дріжджів і підвищення активності фруктозанлітичних ферментів. / Янченко К.А., Пауліна Я.Б. Наукові праці ОНАХТ, 2012, – Вип. 42, Т. 2, – С. 116 – 118.
2. Kurtzman, C.P., Fell, J.W. Yeast Systematics and Phylogeny – Implications of Molecular Identification Methods for Studies in Ecology. /*Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts / The Yeast* Handbook, pringer. 2006 http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=176765.
3. Янченко К.А. Застосування паперової хроматографії для аналізу продуктів ферментного гідролізу фруктозанів. / Янченко К.А., Пауліна Я.Б. Харчова наука і технологія, 2013, – № 2(33), – С. 71–73.

УДК 577. 114

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ХИТИН-ГЛЮКАНОВОГО КОМПЛЕКСА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ БИОМАССЫ ПРОДУЦЕНТА ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ

[1]Павлова О.В., аспирант, [2]Белова Е.А., преподаватель, [1]Троцкая Т.П., д-р техн. наук, профессор
[1]РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Беларусь
[2]Гродненский государственный университет имени Я. Купалы, Беларусь

Изучена возможность вторичного использования отходов микробиологического синтеза лимонной кислоты – биомассы продуцента Aspergillusniger. В результате последовательного кислотно-щелочного гидролиза из биомассы Aspergillusniger выделен хитин-глюкановый комплекс и исследована его сорбционная способность. Для характеристики и сравнительного анализа сорбционной способности полученных образцов хитин-глюкановый комплекса использовались следующие показатели: адсорбционная активность (сорбционная ёмкость), коэффициент распределения и удельная поверхность. Исследование показало, что сорбционная способность грибной биомассы и ее структурных компонентов в значительной степени зависят как от уровня влажности биомассы, так и количества этапов кислотно-щелочного гидролиза. У полученных образцов хитин-глюканового комплекса с уменьшением влажности наблюдается заметное увеличение сорбирующей способности.

The possibility of recycling of waste microbiological synthesis of citric acid – biomass producing Aspergillus niger. Sequential acid-alkaline hydrolysis of biomass Aspergillus niger isolated chitin-glucan complex and investigated its sorption capacity. For characteristics and comparative analysis of the sorption of the prepared samples of chitin-glucan complex, the following indicators: the adsorption activity (sorption capacity), the distribution coefficient and surface area. The study showed that the sorption capacity of fungal biomass and its structural components are heavily dependent on the humidity level as biomass and the number of stages of acid-alkaline hydrolysis. We obtained samples of chitin-glucan complex with decreasing humidity there is a noticeable increase in the sorption capacity.

Ключевые слова: сорбент, хитин-глюкановый комплекс, сорбционная способность.