

ВПЛИВ ВОДНОГО ЕКСТРАКТУ СТЕВІЇ НА КІНЕТИКУ НАБРЯКАННЯ АГАРУ

Г.І. Дюкарева, О.О. Соколовська

Розглянуто перспективи використання водного екстракту стевії в процесі виробництва пастильних виробів в якості розчинника агару, а саме вплив його на кінетику набрякання лінійного полімеру. Дослідження проводились за допомогою методу порівняння мас до та після набрякання та дисперсійного складу агару. На основі отриманих результатів було зроблено висновок, що водний екстракт стевії позитивно впливає на процес набрякання та час досягнення необхідного ступеня набрякання скорочується.

Ключові слова: *стевія, екстракт, агар, полімер, драглеутворювач, набрякання.*

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА СТЕВИИ НА КИНЕТИКУ НАБУХАНИЯ АГАРУ

Г.И. Дюкарева, О.О. Соколовская

Рассмотрены перспективы использования водного экстракта стевии в процессе производства пастильных изделий в качестве растворителя агара, а именно его влияния на кинетику набухания линейного полимера. Исследования проводились с помощью метода сравнения масс до и после набухания и дисперсионного состава агара. На основании полученных результатов был сделан вывод, что водный экстракт стевии позитивно влияет на процесс набухания и скорость достижения необходимой степени сокращается.

Ключевые слова: *стевия, экстракт, агар, полимер, гелеобразователь, набухание.*

INFLUENCE OF WATER STEVIA EXTRACT ON THE KINETIC OF AGAR SWELLING

G.I. Dyukareva, O.O. Sokolovska

The prospects of using water extraction of stevia in the process of manufacturing pastille products as a dissolving polymer – agar, namely its influence

on the kinetics of agar swelling, are considered in the article. The possibilities of introducing it into the recipe will allow reduce sugar mass content and receive pastille products with its reduced amount. At the same time organoleptic, physical-chemical and rheological parameters of the products will not be spoiled.

The investigations were carried out by means of the method of comparing masses before and after swelling and dispersed composition of agar. The starting point for the formation of pastille products' quality is agar swelling, which is the first stage of polymers dissolving. The solubility of agar molecules in the dissolvent depends on the level of its swelling that increases general concentration and stipulates formation of harder gels.

Based on the obtained results the authors made a conclusion that water extraction from stevia positively influenced the swelling process and time for the achievement of its required level reduced..

Keywords: *stevia, extract, agar, polymer, calves-foot, swelling.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. За останні роки кількість людей, які страждають на ожиріння та цукровий діабет значно збільшилась. Існує тенденція до збільшення хворих не лише серед дорослого населення, а й серед дітей різного віку. Причиною цього є сучасні умови життя: недостатня фізична активність, високі психологічні навантаження, зниження якості харчових продуктів. У зв'язку з цим встановлено доцільність розробки продуктів зі зниженою енергетичною цінністю шляхом заміни цукру на натуральні підсолоджувачі.

Перспективним є використання підсолоджувачів природного походження, зокрема продуктів переробки стевії, які нетоксичні, низькоенергетичні, стійкі до нагрівання, дії лугів і кислот, не зброджуються [1].

Основою для створення продуктів із заміною цукру на підсолоджувачі в кондитерській промисловості можуть бути пастильні вироби. Вони належать до групи збивних кондитерських виробів і виготовляються на основі цукру, пюре яблучного, агару та ячного білка, де масова частка цукру в традиційних видах сягає більше 50%, тобто мають великий вміст легкозасвоюваних вуглеводів. Але відмінною властивістю є те, що майже відсутні жири. Саме тому пастильні вироби викликають інтерес у впровадженні натурального підсолоджувача екстракту стевії шляхом заміни частини цукру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у створення науково-практичних розробок продуктів зі зниженою масовою часткою цукру зробили такі вчені: Л.Ю. Арсеньєва,

В.В. Дорохович, Г.Б. Рудавська, М.І. Пересічний, В.А. Тутеляна, А.П. Нечасва, Н.П. Шаповал, Касай Р., Нісізава К., Танака О.

Ученими впроваджувались прийоми використання підсолоджувачів, проте проблема розширення асортименту таких продуктів з урахуванням покращення органолептичних показників та вимог до харчування різних груп населення є все ще не вирішеною.

Мета статті. Метою даної наукової роботи було визначення можливості використання водного екстракту стевії (ВЕС) як розчинник агару та вплив його на кінетику набрякання лінійного полімеру.

Виклад основного матеріалу дослідження. Предметом дослідження були ВЕС та агар. Вимірювання кінетики набрякання лінійного полімеру проводилось за допомогою методу порівняння маси до та після набрякання, за відносно мінливих температур розчинника та тривалості процесу протягом однієї години.

Початковим етапом формування якості пастильних виробів у процесі виробництва є набрякання агару. Це перша стадія розчинення полімерів – збільшення маси та об'єму за рахунок поглинання розчинника, яке проходить на поверхні розділу фаз. Цей етап необхідний для подальшого розчинення драглеутворювача в процесі нагрівання.

Набрякання лінійного полімеру залежить від молекул розчинника та хімічної будови полімерних ланцюгів і є першою стадією розчинення. Це пояснюється тим, що ланки молекул розчинника й ланцюгів полімеру близькі за полярністю і енергія взаємодії між однорідними молекулами приблизно однакова. Механізм набрякання агару починається із сольватації полімеру, а саме відбувається процес зв'язування молекул розчинника з визначеними групами макромолекул. Наступним етапом є процес дифузії – проникнення молекул розчинника між ланцюгами полімеру та заповнення порожнечі, у результаті цього збільшується об'єм і маса агару.

Найбільш важливою характеристикою агару, що визначає фізико-хімічні та структурно-механічні властивості агарових драглів є величина заряду високомолекулярних аніонів, яка обґрунтована кількістю сульфатних груп в одиниці маси драглеутворювача та природою катіона. Тобто, уводячи в молекулу агару той чи інший катіон, можна завчасно змінити величину заряду високомолекулярного аніона, це також дає можливість змінити і фізико-хімічні і структурно-механічні властивості драглів агару [2].

Агар є високомолекулярним з'єднанням (ВМЗ) і відноситься до типу лінійних полімерів необмеженого набрякання, яке закінчується розчиненням і утворенням молекулярних розчинів. Тому від ступеня набрякання залежить розчинність його молекул, що підвищує загальну концентрацію й зумовлює формування більш міцних драглів. У традиційних рецептурах як розчинник використовують питну воду, а в рецептурі, яка була запропонована нами, у його ролі виступає ВЕС, у складі якого наявні дитерпенові глікозиди. У літературних даних відсутні відомості стосовно впливу цих глікозидів на агарові драгли, що викликає науковий інтерес до перебігу набрякання лінійного полімеру в запропонованому розчиннику.

Ученими було доведено [3], що на процес набрякання агару суттєвий вплив має температура розчинника, тривалість набрякання та кількість розчинника, тому експеримент проводили протягом 60×60 с, в умовах двох температурних режимів: 14...16° С (I), 24...26° С (II).

Ступінь набрякання розраховували за допомогою формули (1):

$$\acute{\alpha} = (m - m_0) / m_0, \quad (1)$$

де, $\acute{\alpha}$ – ступінь набрякання полімеру;
 m_0 – маса полімеру до набрякання;
 m – маса полімеру після набрякання.

Гранична похибка визначення ступеня набрякання $\pm 3\%$, результати наведено в табл.1.

Таблиця 1

Ступінь набрякання агару, %

Розчинник Агару	Тривалість процесу набрякання, $\tau \times 60$, с							
	10		20		40		60	
t, °С	I	II	I	II	I	II	I	II
Контроль	108	114	138	144	148	156	168	173
1 % ВЕС	136	142	165	174	179	189	194	198
1,5 % ВЕС	141	148	167	179	183	192	195	201
2% ВЕС	144	149	168	183	185	194	199	203

Отримані дані ступеня набрякання агару підтверджують залежність її зростання за умов підвищення температури. Така тенденція прослідковується в усіх дослідних зразках. Ця закономірність пояснюється природою полімеру: розчинення молекули ВМЗ прийнято розглядати як процес змішування двох рідин, поведінка яких зумовлена енергетичною взаємодією між молекулами розчиненої речовини й розчинником, та дією ентропійного фактора, який характеризує розподіл молекул розчиненої речовини у розчиннику. При підвищенні температури розчинника значення ентропійного фактора стає більшим і просліджується процес їх змішування [4]. Таким чином температурний режим набрякання агару у ВЕС повинен дорівнювати температурі 24...26° С.

Набрякання агару визначається швидкістю дифузії макромолекул у розчиннику. Цей процес викликає досягнення системною вирівнювання концентрацій і хімічних потенціалів компонентів. Тому швидкість набрякання визначається швидкістю дифузії молекул розчинника в лінійному полімері і процес перебігає як реакція першого порядку. Тому кінетика набрякання агару описується наступним диференціальним рівнянням (2):

$$d\acute{a} / dt = k (\acute{a}_{\max} - \acute{a}), \quad (2)$$

де, k – константа швидкості набрякання,

\acute{a}_{\max} – максимальна кількість розчинника, яка була поглинена полімером.

На рис. 1 подано залежність набрякання агару з різною концентрацією ВЕС за температурного режиму 24...26° С.

Аналізуючи отримані дані досліджень, можна відмітити наступне: по-перше, ступінь набрякання агару суттєво збільшується в перші 18...22×60 с, потім цей процес стає більш повільним та плавним, подальша витримка агару в розчинниках майже не змінює показники набрякання. По-друге, розглядаючи вплив ВЕС у досліджуваних концентраціях на набрякання полімеру в перші 18...22×60 с, спостерігаються наступні значення: для контрольного зразка – 144%, для агару з ВЕС у концентрації 1; 1,5; 2% – 174; 179; 183% відповідно. По-третє, у проміжку часу 60×60 с значення \acute{a} в обраних концентраціях ВЕС мають майже однакові показники, які перевищують значення контрольного зразка на 25...30%.

Наведені результати були підтверджені за допомогою методу дисперсійного аналізу, а саме за допомогою мікроскопа визначався розмір набряклих часток агару протягом години, які розділялись на фракції. На рис.2 відображено відсотковий склад фракцій, отриманих в результаті дослідження, що дає наочну уяву про дисперсійний склад агару в різних розчинниках.

Аналізуючи отримані результати можемо констатувати, що дисперсійний склад агару замоченого в 2,0% ВЕС суттєво відрізняється від контрольного зразка, у якому найбільша фракція

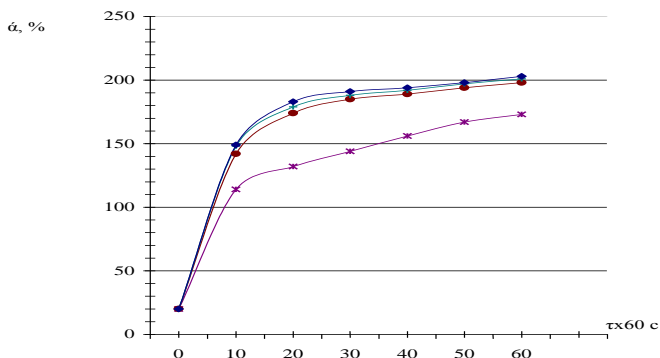
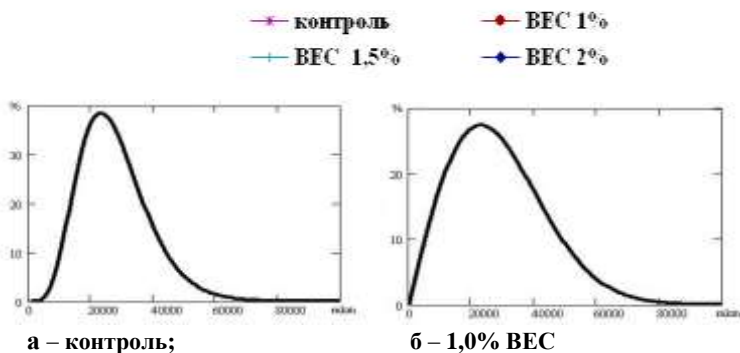


Рис. 1 – Кінетика набрякання агару у присутності ВЕС



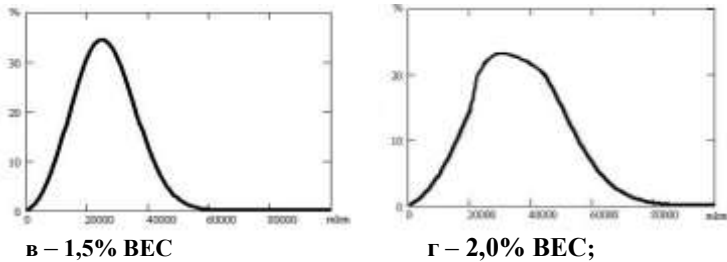


Рис. 2 – Дисперсійний склад набряклих часток агару в розчиннику

знаходиться в діапазоні розміру часток від 17000...31000 мкм, тоді як у 2,0% ВЕС цей діапазон сягає 22000...47000 мкм, у 1,5% ВЕС – 20000...38000 мкм і в 1,0 % ВЕС – 17500...38000 мкм.

Визначивши середній розмір часток набряклого агару у різних розчинниках отримали результати наведені на рис. 3. У ВЕС із концентрацією 2,0% середній розмір часток сягає 26000 мкм, що на 33% більше за контроль, у концентрації 1,5% – 23000 мкм, більше за контроль на 18%, у концентрації 1,0% – 21000 мкм, більше на 8%.

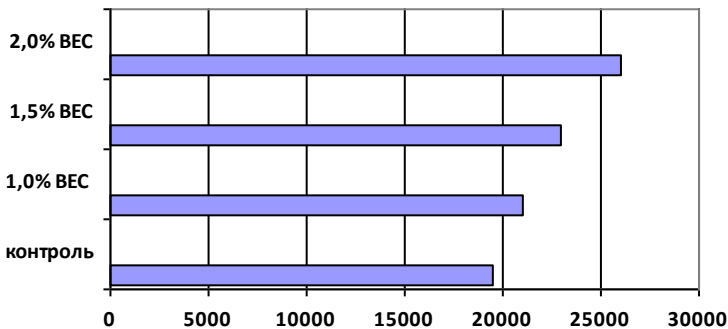


Рис. 3. Порівняння середніх значень часток набряклого агару

Отримані дані можна пояснити наступним чином: молекули ВЕС, рухливість яких у багато разів більша за рухливість макромолекул, проникають у агар, заповнюючи вільні прошарки між

макромолекулами, що призводить до більшого розгортання молекулярного ланцюга з підвищенням концентрації, у той час ланцюги замоченого агару у воді набувають компактної конформації, що пояснює зменшення ступеня набрякання.

Спираючись на вищевикладений матеріал, бачимо, що вводючи ВЕС на стадії набрякання, час цього процесу скорочується. На кондитерських підприємствах залежно від умов процесу виробництва, набрякання агару проводять протягом 60...720×60 с, але доцільно вважати тривалість цієї стадії протягом 90...120×60 с [5].

Ступінь набрякання агару після замочування у питній воді через 120×60 с сягає 173 %, а середній розмір його часток 21500 мкм. Ці величини брали в якості контролю. Треба відмітити, що в умовах експерименту вказані значення досягались через 90×60 с.

Результати, які були отримані під час введення ВЕС у концентраціях 1,0; 1,5; 2,0% свідчать про те, що в умовах температурного режиму 24...26° С ступінь їх набрякання досягає значення контрольного зразка вже на 18...22×60 с, а рівноважного значення на 65...68×60 с, що 25...23×60 с менше від контролю. Швидкість проникнення ВЕС у лінійний полімер вища відносно питної води, що відповідає відомому факту капілярного проникнення [6] і пов'язано з механізмом взаємодії полярних груп полімеру з розчинниками. Саме цей чинник є одним із головних, які впливають на набрякання агару.

Висновки. Таким чином, дослідження кінетики набрякання агару у ВЕС підтвердили вплив його на лінійний полімер, а саме ступінь набрякання агару у ВЕС збільшується від значення контрольного зразка, що пояснюється природою полімеру і розчинника та механізмом взаємодії. У наслідок цього процес набрякання скорочується. Отримані результати досліджень були підтверджені аналізом дисперсійного складу набряклого агару. Також було встановлено, що раціональний температурний режим набрякання агару 24...26° С, при якому його ступінь вища ніж у зразків при температурі в діапазоні 14...16° С, а в разі її підвищення просліджується процес змішування лінійного полімеру у розчиннику. Такий механізм пояснюється температурою плавлення та драглеутворення агару.

З обраних концентрацій ВЕС найбільший вплив має 2%-й екстракт стевії. Відомо, що від ступеня набрякання полімеру залежить розчинність його молекул, яка підвищує загальну їх концентрацію й

зумовлює формування більш міцних драглів. Проте, доречно провести додаткові випробування впливу ВЕС на міцність агарового драглу для визначення раціональної концентрації.

Список джерел інформації / References

1. Дорохович В.В. Наукове обґрунтування і розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного споживання : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.16. / Дорохович В.В. – К. 2010. – С. 18.

Dorohovich, V.V. (2010), *Scientific evidence and technology development of flour pastry for special dietary use* : dissertation [Naykove obgryntyvannay i rozroblennay tehnologiy boroshnaynih konditerskih virobiv special'nogo dietichnogo pohodjennay], P. 18.

2. Freezing as a built macroporous structures Superfast responsive polyacrylamide hydrogels / M.V. Dinu [et al.] // *Polymer* – 2007. – Vol. 48. – P.195 – 204.

3. Григоренко А. М. Технологія желейних і взбивних напівфабрикатів на основі драглеутворювачів білково-полісахаридної природи та їх використання в кондитерських виробках : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Григоренко А.М. – Х. 2011. – С. 68.

Grigorenko, A.M. (2011), *Technology of jelly and wiped semi-products, wich are base on gelling agent of protein-polysaccharide nature and their using in confectionery industry* : dissertation [Tehnologiyajeleinih i vzbivnih napivfabrikativ na osnovi dragleytvoruvachiv bilkovo-polisaharidnoi prirodi ta ih vikoristannay v konditerskih virobah], P. 68.

4. Кругляков П. М. Физическая и коллоидная химия / П. М. Кругляков, Т. Н. Хасков. – М. : Высшая школа, 2005. – 265 с.

Kruglyakov, P.M. (2005), *Physical and colloid chemistry* [Fizicheskaay i koloidnaay himiyay], High school, Moscow, 265 p.

5. Артамонова М. В. Разработка технологии желированой продукции с использованием микробных полисахаридов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Артамонова М.В. – Х. 2000. – С. 67.

Artamonova, M.V. (2000) *Development of technology of jelly products with the use of microbial polysaccharides* : dissertation [Razrabotka tehnologii jelirovanoj produkty s ispolzovaniem mikrobnih polisaharidov], P. 67.

6. Химическая энциклопедия. Изд.: Большая российская энциклопедия. 1982. Т.8. с. 319.

Chemical encyclopedia: Great Russian Encyclopedia (1982), T.8, 319 p.

Дюкарева Галина Іванівна, канд. техн. наук, проф., кафедра товарознавства в митній справі. Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61045. Тел.: (097) 815-17-29; e-mail: inna.agerova@mail.ru

Дюкарева Галина Ивановна, канд. техн. наук., проф., кафедра товарознавства в таможенном деле. Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61045. Тел.: (097) 815-17-29, e-mail: inna.agerova@mail.ru

Dukareva Galina, Cand. Sci. (Engineering), professor, Department of Commodity science and Customs examination, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: St. Klochkivska, 333, Kharkiv, Ukraine. Tel.: (097) 815-17-29, e-mail: inna.agerova@mail.ru

Соколовська Олена Олександрівна, асп., кафедра товарознавства в митній справі. Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61045. Тел. (097) 815-17-29; e-mail: dreamhause@yandex.ru

Соколовская Елена Александровна, асп., кафедра товарознавства в таможенном деле. Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61045. Тел.: (099) 787-34-37, e-mail: dreamhause@yandex.ru

Sokolovska Olena, postgraduate, Department of Commodity science and Customs examination, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: St. Klochkivska, 333, Kharkiv, Ukraine. Tel.: (099) 787-34-37 e-mail: dreamhause@yandex.ru

Рекомендовано до публікації канд. техн. наук В.С. Ольховською, канд. техн. наук О.Є. Шевченко.

Отримано 15.03.2014. ХДУХТ, Харків.