

УДК 664.64.

STUDY OF SORPTION AND DESSORPTION PROPERTIES OF MARMALAD

O. Lysenko*Vinnitsia Institute of Trade and Economics of KNTU***Key words:**

marmalade,
sorption,
desorption,
diffusion processes,
sugar,
fructose,
lactitol

Article history:

Received 06.10.2020
Received in revised form
16.11.2020
Accepted 13.12.2020

Corresponding author:

bjuly@ukr.net

ABSTRACT

The total humidity of the product indicates the amount of moisture in it, but does not characterize its involvement in chemical, biochemical and microbiological changes in the product. The ratio of free and bound moisture plays an important role in ensuring its stability during storage. Bound moisture is an associated water, strongly bound to various components — proteins, lipids and carbohydrates due to chemical and physical bonds. Such water exists near solute and other non-aqueous components, has reduced molecular mobility and other properties that differ from the total mass of water in the same system, and does not freeze at a temperature of -40°C .

Free moisture is moisture that is not bound by the polymer and is available for biochemical, chemical and microbiological reactions. It is clear that the energy consumption for the removal of free and bound moisture will be different. Free water is weakly bound to dry matter, easily removed from the product during drying ($t \sim 100^{\circ}\text{C}$), wringing, pressing, freezes at 0°C . A kind of free water is hygroscopic, absorbed by products from the air. Products that have the ability to absorb or give off moisture are called hygroscopic (sugar, sugar confectionery in our case — it's sugar and sugar substitutes: fructose and lactitol). Bound water is firmly retained by dry matter and is poorly removed even by evaporation ($t > 300^{\circ}\text{C}$). Bound water is in microcapillaries, adsorbed by intracellular systems and retained by colloids of proteins and carbohydrates. Bound water also includes water of crystallization. For example, water, which is part of the crystals of citric acid and glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Such water can be removed from the product as a result of thermal decomposition of some substances at elevated temperatures. Bound water has a different refractive index, has a lower freezing point, density, is not absorbed by microorganisms and has a positive effect on the preservation of the product, during the study also took into account the rate of chemisorption. The article describes the changes in the mass fraction of diffusion processes in the redistribution of free and bound moisture and the loss of moisture in the environment, which further affects the change in the structure of marmalade and as a result of hardening of finished products. Both in samples with water and in samples with milk. During the storage of jelly marmalade there are changes in the mass fraction of moisture due to diffusion processes of redistribution of free moisture and moisture loss in the environment, which affects the change in the structure of marmalade, hardening often occurs.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-8

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ І ДЕСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАРМЕЛАДУ

О. Л. Лисенко, канд. техн. наук

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТУ

Загальна вологість продукту вказує на кількість води в ньому, але не характеризує її причетність до хімічних, біохімічних і мікробіологічних змін у продукті. У забезпеченні його стійкості під час зберігання важливу роль відіграє співвідношення вільної і зв'язаної води.

У статті описано зміни масової частки дифузійних процесів перерозподілу вільної і зв'язаної води та втрати води в навколишнє середовище, що в подальшому впливає на зміну структури мармеладу, внаслідок чого відбувається черствіння готових виробів.

За результатами досліджень рекомендовано під час виготовлення мармеладу на цукрі, лактитолі та суміші лактитолу і фруктози проводити уварювання до 80% сухих речовин. Для запобігання процесу черствіння або намокання в процесі зберігання мармелад на виробництві варто пакувати у водонепроникну тару.

Ключові слова: мармелад, сорбція, десорбція, дифузійні процеси, цукор, фруктоза, лактитол.

Постановка проблеми. Вода є важливою складовою харчових продуктів. Вона міститься в рослинних і тваринних продуктах як клітинний і позаклітинний компонент, як диспергувальне середовище і розчинник, що зумовлює консистенцію і структуру харчових продуктів, впливає на їхній зовнішній вигляд, смак і стійкість продуктів у процесі зберігання. Кількість води в продукті визначає його енергетичну цінність, оскільки чим більше в ньому міститься води, тим менше корисних сухих речовин (білків, жирів, вуглеводів тощо) в одиниці маси. З вмістом води тісно пов'язана стійкість продукту під час зберігання та його транспортабельність, а також придатність до подальшої переробки, оскільки надлишок води сприяє перебігу ферментативних і хімічних реакцій, активізує діяльність мікроорганізмів, які призводять до псування продукту, зокрема його пліснявіння. В зв'язку з цим вміст води в продукті визначає умови та строки його зберігання.

Під час зберігання мармелад може намокати і зацукрюватись. Намокання відбувається, якщо мармелад зберігають у приміщенні з високою відносною вологістю повітря, в умовах різкого перепаду температури й утворення точки роси, а також внаслідок послаблення драглів і розвитку синерезису, у разі концентрації редукуючих цукрів вище за оптимальні норми, укладанні незастиглого мармеладу в тару, коли продовжується виділення води [1—3].

Зацукрювання мармеладу прискорюється в приміщеннях з низькою відносною вологістю повітря, пониженому вмісті редукуючих речовин, а також використанні сировини з обмеженими желуючими властивостями пектину. Легше втрачає воду желевий мармелад [3—5]. При зацукрюванні кірочка мармеладу стає щільнішою, втрачає блиск, тьмяніє, а здавлювання зумовлює тріщини. Мармелад фруктово-ягідний шаровий більш стійкий до зацукрювання [2; 6]. Саме тому дослідження показників сорбції-десорбції мармеладу, на нашу думку, є актуальним питанням.

Метою статті є визначення показників сорбції-десорбції мармеладу на цукрі, лактитолі, фруктозі та суміші лактитолу і фруктози, а також зразків з використанням у рецептурі молока.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень використовувались такі види сировини: цукрозамінники (фруктоза — фірми ArcherDanielsMidlandCompany США), лактитол (фірма PURAC, Нідерланди), цукор білий кристалічний — ДСТУ 4623:2006, молоко сухе-знежирене — згідно з чинним нормативним документом, патока крохмальна — відповідно до ДСТУ 4498:2005. Дослідження проводили на виготовлених зразках мармеладу на цукрі, фруктозі, лактитолі та суміші лактитолу і фруктози.

Також у відділі синтезу Інституту фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України проведені спеціальні дослідження сорбційно-десорбційних процесів ваговим методом на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена. Суть методу полягає в тому, що до кварцової спіралі підвішують чашечку з адсорбентом, а потім, з огляду на видовження спіралі після адсорбції, визначається кількість речовини, що адсорбувалась. Установка складається з вимірювальної та форвакуумних частин.

Результати дослідження. При зберіганні желейного мармеладу відбуваються зміни масової частки вологи внаслідок дифузійних процесів перерозподілу вільної вологи і втрати вологи в навколишнє середовище, що впливає на зміну структури мармеладу, частіше відбувається черствіння. Безумовно, використання молока сухого і нативного при виробництві мармеладу буде впливати на сорбційні процеси: мармелад виготовляли на цукрі, фруктозі, лактитолі, суміші лактитол і фруктоза. Також проведені спеціальні дослідження сорбційно-десорбційних процесів ваговим методом на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена.

Аналіз отриманих даних показав, що сорбційні і десорбційні процеси у мармеладі, виготовленому на цукрі білому кристалічному, фруктозі та лактитолі і карагенані, розчинні у воді і молоці, відрізняються. Ізотерми сорбції-десорбції були умовно поділені на три зони (табл. 1).

Перша зона відповідає мономолекулярній адсорбції, друга з — полімолекулярній, третя — капілярній.

Таблиця 1. Вміст води по зонах сорбції

Мармелад на основі	Вміст вологи по зонах сорбції, см ³ /г, мармеладу виготовленого на:					
	І зона ($a_w = 0,00—0,25$)		II зона ($a_w = 0,25—0,75$)		III зона ($a_w = 0,75—1,98$)	
	на воді	на молоці	на воді	на молоці	на воді	на молоці
цукор	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,18	0,00—0,17	0,18—1,35	0,17—1,30
фруктоза	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,30	0,00—0,28	0,30—1,98	0,28—1,88
лактитол	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,17	0,00—0,15	0,17—1,60	0,15—1,50
лактитол+фруктоза (1:1)	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,20	0,00—0,19	0,20—1,65	0,18—1,60

Отримані дані свідчать про те, що в зоні мономолекулярної адсорбції не відбувається поглинання водяних парів у всіх зразків. У другій зоні паралельно з процесом адсорбції відбувається розширення пористої структури. На початку адсорбції водяної пари на зразках желейного мармеладу з попередньо видаленою вологою заповнюється найбільш активна поверхня дрібних пор до певної вологості. Максимальне заповнення цих пор приводить до виникнення в них великого осмотичного тиску, внаслідок чого відбувається їх розширення і утворення нових пористих просторів, які починають заповнюватись водою в процесі подальшої адсорбції. Аналіз ізотерм сорбції (табл. 1) показав, що всі види мармеладу на карагенані у II зоні, тобто в зоні полімолекулярної адсорбції, проявляють сорбційні властивості.

Згідно з нормативною документацією зберігання мармеладу треба проводити при $\phi = 70—75\%$ ($a_w = 0,70—0,75$). У табл. 2 наведено значення рівноважної вологи для мармеладу на воді та молоці при заданих параметрах.

При $a_w = 0,70$ мармеладні маси на воді мають такі значення рівноважної вологості: на фруктозі — 26%; на лактитолі — 17%; на цукрі білому кристалічному — 16%; на суміші лактитол і фруктози — 23%.

При тих же умовах мармеладні маси на молоці мають такі значення рівноважної вологості: на фруктозі — 24%; на лактитолі — 13%; на цукрі білому — кристалічному — 14%; на суміші лактитолу і фруктози 17%.

Таблиця 2. Вміст води по зонах сорбції

Мармелад на основі	Вміст води по зонах сорбції, см ³ /г мармеладу виготовленого на:			
	$a_w = 0,70$		$a_w = 0,75$	
	вода	молоко сухе цільне	вода	молоко сухе цільне
цукор	0,16	0,14	0,18	0,17
фруктоза	0,26	0,24	0,30	0,28
лактитол	0,17	0,13	0,19	0,15
Суміш лактитолу і фруктози (1:1)	0,23	0,17	0,25	0,19

Отримані дані свідчать про те, що при $a_w = 0,70$ зразки мармеладної маси на молоці мають меншу рівноважну вологість, ніж зразки на воді.

Так, усі зразки, за винятком зразка на фруктозі, будуть віддавати вологу, що в подальшому призведе до черствіння мармеладу. Найбільше це стосується мармеладної маси на лактитолі, менше - мармеладної маси на суміші лактитолу і фруктози.

Для забезпечення гарантійних термінів зберігання, враховуючи дані проведених досліджень, рекомендуємо вводити в рецептуру мармеладу на молоці сорбітол як вологоутримувальний компонент у кількості 2% до готової мармеладної маси для всіх зразків, крім зразка на фруктозі, тому що фруктоза сама володіє вологоутримувальними властивостями. В табл. 3 наведено вміст вологи по зонах сорбції у мармеладі, виготовленому на молоці, та мармеладі, виготовленому на молоці з додаванням сорбітолу.

При дослідженні зразків желейного мармеладу ($a_w = 0,75$), виготовленого на молоці з додаванням сорбітолу, отримали такі значення рівноважної вологи: на цукрі білому кристалічному — 22%, що на 29% більше, ніж у зразка на молоці без додавання сорбітолу; у зразка на лактитолі — 20%, що на 33% більше, ніж у зразка на молоці без додавання сорбітолу; на суміші лактитол і фруктоза — 24%, що на 26% більше, ніж у зразка на молоці без додавання сорбітолу.

Таблиця 3. Вміст вологи по зонах сорбції

Мармелад на основі	Вміст води по зонах сорбції, см ³ /г мармеладу виготовленого на:					
	І зона ($a_w = 0,00—0,25$)		ІІ зона ($a_w = 0,25—0,75$)		ІІІ зона ($a_w = 0,75—1,98$)	
	молоко	молоко сорбітол	молоко	молоко сорбітол	молоко	молоко сорбітол
цукор	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,17	0,00—0,22	0,17—1,30	0,22—1,42
лактитол	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,15	0,00—0,20	0,15—1,50	0,20—1,60
суміш лактитолу і фруктоза (1:1)	0,00—0,00	0,00—0,00	0,00—0,19	0,00—0,24	0,19—1,6	0,24—1,60

Зважаючи на отримані результати, рекомендуємо мармелад на цукрі, лактитолі та суміші лактитолу і фруктози уварювати до 80% сухих речовин. Для запобігання процесу черствіння або намокання мармеладу в процесі зберігання мармелад варто пакувати на виробництві у водонепроникну тару.

Висновки. Проведені дослідження показали, що всі види мармеладу на карамелі у II зоні (полімолекулярної адсорбції) проявляють сорбційні властивості. При $a_w = 0,70$ мармеладні маси на воді мають такі значення рівноважної вологості: на фруктозі — 26%; на лактитолі — 17%; на цукрі білому кристалічному — 16%; на суміші лактитол і фруктоза — 23%. При тих же умовах мармеладні маси на молоці: фруктоза — 24%; лактитол — 13%; цукор білий кристалічний — 14%; суміш лактитолу і фруктози — 17%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонова М. В. Технологія мармеладу желейного з використанням кріаспорошків рослинного походження / М. В. Артамонова, Г. М. Лисюк, Н.Ф. Туз. — Х. : ХДУХТ, 2015. — 134 с.
2. Магомедов Г. О. Новое в технике и технологии мармелада функционального назначения: монография / Г. О. Магомедов, И. Х. Арсанукаев, А. Я. Олейникова, Л. А. Лобосова. — Н Воронеж: ВГТА, 2009. — 206 с.
3. Казанцев Е. В. Влияние разных видов гидроколлоидов на структуру и сохранность сахаристых кондитерских изделий студнеобразной консистенции: обзор. / Е. В. Казанцев, Н. Б. Кондачев, М. В. Осипов, О. С. Руденко // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. — 2020. — Том 82 (№2). — С. 107—115.
4. Матяс Д. С. Оптимізація рецептурного складу желейного мармеладу з пониженням вмісту цукру / Д. С. Матяс, Ю. В. Камбулова, А. М. Дорохович, І. В. Мандзюк // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — № 3. — С. 221—232.
5. Чумакова Д. А. Влияние природы структурообразователя на параметры качества желейного мармелада / Д. А. Чумакова, Г. П. Лапина // Вестник ТвГУ. Серия: Биология и экология. — 2018. — № 2. — С. 63—68.
6. Камбулова Ю. В. Аналіз якості плодкових і ягідних пюре для виробництва мармеладу / Камбулова Ю. В., Оверчук Н. О. // Харчова промисловість. — 2015. — № 2. — С. 46—50.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ И ДЕСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАРМЕЛАДА

А. Л. Лысенко

Винницкий торгово-экономический институт КНТУ

Общая влажность продукта указывает на количество влаги в нем, но не характеризует ее причастность к химическим, биохимическим и микробиологическим изменениям в продукте. В обеспечении его устойчивости при хранении важную роль играет соотношение свободной и связанной влаги. В статье описаны изменения массовой доли диффузных процессов перераспределения свободной и связанной влаги и потери влаги в окружающую среду, что в дальнейшем влияет на изменение структуры мармелада, вследствие чего происходит черствение готовых изделий.

По результатам исследований рекомендовано при изготовлении мармелада на сахаре, лактитоле и смеси лактитола и фруктозы проводить уваривание до 80% сухих веществ. Для предотвращения процесса черствения или намокания в процессе хранения рекомендуем мармелад паковать на производстве в водонепроницаемую тару.

Ключевые слова: мармелад, сорбция, десорбция, диффузные процессы, сахар, фруктоза, лактитол.