

ISSN 1392-0227

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO  
MAISTO INSTITUTAS**

**FOOD INSTITUTE OF KAUNAS UNIVERSITY  
OF TECHNOLOGY**

**ПИЩЕВОЙ ИНСТИТУТ КАУНАССКОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Maisto chemija ir technologija  
Food chemistry and technology  
Химия и технология пищи**

**Mokslo darbai  
Proceedings  
Научные труды**

**2012. T. 46, Nr. 1**

**Eina nuo 1964 m.  
Published since 1964  
Издается с 1964 г.**

**Kaunas • 2012**

## Turinys ♦ Contents

<b>A. Degutytė, D. Gruzdienė, M. Murkovic.</b> Stability of refined rapeseed oil with unrefined wheat germ and sesame seed oils at frying temperature.....	5
<b>I. Jasutienė, Ž. Gibaitė, N. Vilkevičienė, J. Stankienė.</b> Chromatografinis sacharidų nustatymas maistinėse matricose su garinančiu šviesos išbarstymo detektoriumi .....	13
<b>D. Jonkuvienė, J. Šalomskienė, J. Stankienė.</b> Įvairių veiksmų įtaka <i>Bacillus cereus</i> augimui modelinėse maisto terpėse .....	19
<b>V. Jukna, Č. Jukna, N. Pečiulaitienė.</b> Galvijų vidaus organų išcigos ir jų biocheminiai rodikliai .....	28
<b>J. Lazdauskienė.</b> Hidrokolidų įtaka duonos be glitimo kokybei .....	34
<b>A. Liutkevičius, V. Speičienė, I. Jasutienė, G. Alenčikienė, A. Mieželiene.</b> Gėrimo su polinesočiaja dokozaheksaeno riebalų rūgštimi ir prebiotine skaiduline maisto medžiaga savybės .....	42
<b>I. Mačionienė, J. Šalomskienė, D. Jonkuvienė, D. Jasinauskienė.</b> Pieno rūgšties bakterijų antimikrobinis aktyvumas prieš <i>Bacillus cereus</i> ir <i>Listeria monocytogenes</i> .....	50
<b>Г. Полищук, О. Рыбак.</b> Определение связанной воды в углеводсодержащем растительном сырье и смесях мороженого .....	57
<b>A. Šarkinas, D. Jasinauskienė.</b> Sušaldytų aromatines medžiagas gaminančių laktokokų gyvybingumas laikymo metu .....	65
<b>Т. Шингарева, С. Красноцкий, Р. Раманаускас.</b> Интенсификация сычужной коагуляции молока при производстве мягкого сыра без созревания .....	71
<b>Т. Шингарева, С. Красноцкий, Р. Раманаускас.</b> Повышение эффективности производства мягкого сыра без созревания .....	78
<b>M. Ugintaitė, D. Gruzdienė, M. Murkovic.</b> Changes Occurring in the Chemical Composition and Oxidative Stability of Camelina ( <i>Camelina sativa</i> L.) Oil, Oil Blends and Emulsions with and without Additives during Storage at 40 °C .....	84
Nurodymai straipsnių autoriams .....	93
Instructions to Authors .....	95

## Turinys ♦ Contents

<b>A. Degutytė, D. Gruzdienė, M. Murkovic.</b> Stability of refined rapeseed oil with unrefined wheat germ and sesame seed oils at frying temperature.....	5	<b>Г. Полищук, О. Рыбак.</b> Определение связанной воды в углеводсодержащем растительном сырье и смесях мороженого .....	57
<b>I. Jasutienė, Ž. Gibaitė, N. Vilkevičienė, J. Stankienė.</b> Chromatografinis sacharidų nustatymas maistinėse matricose su garinančiu šviesos išbarstymo detektoriumi .....	13	<b>A. Šarkinas, D. Jasinauskienė.</b> Sušaldytų aromatines medžiagas gaminančių laktokokų gyvybingumas laikymo metu .....	65
<b>D. Jonkuvienė, J. Šalomskienė, J. Stankienė.</b> Įvairių veiksmų įtaka <i>Bacillus cereus</i> augimui modelinėse maisto terpėse .....	19	<b>Т. Шингарева, С. Красноцкий, Р. Раманаускас.</b> Интенсификация сычужной коагуляции молока при производстве мягкого сыра без созревания .....	71
<b>V. Jukna, Č. Jukna, N. Pečiulaitienė.</b> Galvijų vidaus organų išeišgos ir jų biocheminiai rodikliai .....	28	<b>Т. Шингарева, С. Красноцкий, Р. Раманаускас.</b> Повышение эффективности производства мягкого сыра без созревания .....	78
<b>J. Lazdauskienė.</b> Hidrokolidų įtaka duonos be glitimo kokybei.....	34	<b>M. Ugintaitė, D. Gruzdienė, M. Murkovic.</b> Changes Occurring in the Chemical Composition and Oxidative Stability of Camelina ( <i>Camelina sativa</i> L.) Oil, Oil Blends and Emulsions with and without Additives during Storage at 40 °C .....	84
<b>A. Liutkevičius, V. Speičienė, I. Jasutienė, G. Alenčikienė, A. Miežėlienė.</b> Gėrimo su polinesočiaja dokozaheksaeno riebalų rūgštimi ir prebiotine skaiduline maisto medžiaga savybės .....	42	Nurodymai straipsnių autoriams .....	93
<b>I. Mačionienė, J. Šalomskienė, D. Jonkuvienė, D. Jasinauskienė.</b> Pieno rūgšties bakterijų antimikrobinis aktyvumas prieš <i>Bacillus cereus</i> ir <i>Listeria monocytogenes</i> .....	50	Instructions to Authors .....	95

## Определение связанной воды в углеводсодержащем растительном сырье и смесях мороженого

Галина Полищук, Ольга Рыбак

Национальный университет пищевых технологий, ул. Владимирская 68, г. Киев, Украина;  
тел. (+38044)287-92-07; эл. почта [milknuft@i.ua](mailto:milknuft@i.ua)

Разработаны оригинальные рецептуры мороженого молочно-растительного и плодовоовощного с использованием овсяной муки, пюре из тыквы и яблок. Исследована способность растительного сырья связывать воду. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии установлено, что температура гидратации овсяной муки существенно не влияет на степень ее влагосвязывания. Доказана большая технологическая значимость структурирования гидратированной овсяной муки за счет межмолекулярного взаимодействия полисахаридов в сравнении со степенью связывания воды. Доказано существенное повышение способности к связыванию воды пектинсодержащих плодовоовощных пюре под воздействием их предварительной обработки при температуре  $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$  на протяжении 20 мин. Сформулировано предположение, что при формировании подобных трехмерных структур часть воды поглощается осмотически и находится в матрице, как в полупроницаемой ячейке, что не позволяет идентифицировать эту воду как связанную. Установлено повышение влагосвязывающей способности полисахаридов тыквы и яблок за счет частичной деструкции протопектина под воздействием тепловой обработки, при этом удельное содержание влаги в растительном сырье возрастает на 0,21–0,30 г/г сухого вещества. Установлено, что роль стабилизаторов структуры и углеводсодержащего растительного сырья в связывании воды в составе смесей мороженого незначительна в сравнении с более эффективным влагосвязыванием молочного белка, лактозы и сахарозы. Доказано, что углеводсодержащее растительное сырье оказывает различный технологический эффект в смесях мороженого: крахмалосодержащее сырье в большей степени удерживает воду осмотически, внутри сформированной макромолекулами матрицы, а пектинсодержащее связывает воду за счет межмолекулярного взаимодействия между полисахаридами и растворителем. Также изучено содержание связанной воды в смесях мороженого молочного и молочно-растительного, что позволит целенаправленно формировать показатели качества готового продукта.

**Ключевые слова:** связанная вода, зернопродукты, пюре из тыквы и яблок, смеси, мороженое.

### Введение

Вода в мороженом составляет в среднем от 60 до 75 %. Степень связывания воды основными компонентами мороженого во многом определяет температуру начала кристаллизации водной фазы смесей и показатели качества готового продукта – взбитость и сопротивление таянию. Основными влагосвязывающими веществами в смесях мороженого являются углеводы (моно- и дисахара, полисахариды), а также белки. Учитывая важную роль состояния воды в мороженом, Оленев Ю. А. определил долю связанной воды в водных растворах стабилизаторов, лактозы и сахарозы, в цельном сыром и пастеризованном молоке, в восстановленном обезжиренном молоке, приготовленном из сухого обезжиренного

молока, а также в сливочных смесях мороженого с различными стабилизаторами [1].

В Национальном университете пищевых технологий (г. Киев, Украина) разработаны оригинальные рецептуры мороженого с растительным углеводсодержащим сырьем: овсяной мукой, пюре из тыквы и из яблок [2]. Для проведения расчетов фактических концентраций растворенных веществ в смесях мороженого необходимы дополнительные исследования по определению количества связанной воды в водных дисперсиях и смесях с углеводсодержащими компонентами.

Выбор растительного сырья был обусловлен следующим. Овсяная мука содержит до 60 % углеводов, из них до 36 % составляет крахмал. Гемицеллюлозы овса представлены водорастворимыми  $\beta$ -глюканами (около 90 % от

их общего количества) и гемицеллюлозами, арабиноксиланами и глюкоманнанами (до 10 %).  $\beta$ -глюканы овса могут проявлять функционально-технологические свойства в качестве пенообразующего, эмульгирующего и влаговязывающего агента в пищевых системах [3, 4], особенно при полной или частичной замене жира в молочных продуктах [5]. Овес также представляет особый интерес для технологий безглютеновых пищевых продуктов, поскольку в соответствии с EU Commission regulation EC №41/2009 от 20 января 2009 г. овес рассматривается как безглютеновое сырье.

Яблоки в среднем содержат от 10 до 18 % сухих веществ, из них углеводов – 7–15 %, органических кислот – до 0,2–1,2 %, золы – 0,4–0,5 %, пектиновых веществ – 0,5–1,0 %, дубильных веществ – 0,2–0,35 %, а также витамин С, никотиновую кислоту и др. Самым характерным представителем яблок зимних сортов с высоким содержанием пектиновых веществ является сорт 'Чемпион'. Содержание сухих веществ для этого сорта в среднем составляет 14,3 %, содержание общих углеводов – 13,5 %, органических кислот – 0,32 %, пектиновых веществ – 0,96–1,0 %, витамина С – 12,2 мг% [6]. Тыква мускатная более всего подходит для получения диетических продуктов. По данным Института южного овощеводства и бахчеводства НААН Украины, мякоть тыквы мускатной содержит: сухих веществ – 9,0–11,5 %, в том числе углеводов – 7,0–9,0 %, витамина С – 7,0–11,0 мг %, каротина – до 25,0 мг %, пектиновых веществ – 11,0–12,0 % в пересчете на сухое вещество, а также витамины Е, РР, группы В, соли железа, кальция, калия, фосфора, цинка, меди.

Таким образом, по предварительной оценке химического состава продукты из овса, яблок и тыквы могут проявлять функционально-технологические влаговязывающие свойства в производстве мороженого за счет относительно высокого содержания в них полисахаридов. Поэтому представляет практический интерес исследование количества связанной воды в модельных системах и смесях мороженого с растительными углеводсодержащими компонентами, что и явилось целью данной работы.

### Материалы и методы

На первом этапе определяли связанную воду в овсяной муке, по сравнению с традиционной в составе мороженого мукой пшеничной высшего сорта в качестве контроля, до и после тепловой обработки. Модельные системы муки из

зерновых культур готовили при постоянном перемешивании с водой, в соответствии с существующими режимами составления и тепловой обработки смесей для мороженого:

– температура  $(40 \pm 2)$  °С, продолжительность обработки 30 мин;

– температура  $(5 \pm 2)$  °С, продолжительность обработки 3 мин.

На втором этапе изучали влаговязывание в тыквенном и яблочном пюре, в зависимости от режимов предварительной термомеханической обработки. Для этого мякоть свежих яблок и тыквы очищали от шкурки и семян, нарезали кусочками, бланшировали, перетирали при температуре 50 °С. В пюре из яблок регулировали активную кислотность с помощью 50%-го раствора лимонной кислоты до значения  $pH=3,0-3,2$ . Далее пюре гомогенизировали под давлением  $(12,5 \pm 0,5)$  МПа на гомогенизаторе клапанного типа либо не гомогенизировали, и подвергали тепловой обработке при температуре  $(85 \pm 2)$  °С. Длительность выдержки плодовоовощного пюре при указанной температуре увеличивали до 20 мин для создания условий, способствующих деструкции протопектина.

На третьем этапе исследовали содержание связанной воды в молочно-растительных смесях. Контрольные образцы многокомпонентных смесей мороженого молочного готовили с содержанием жира 3,5 %, сухого обезжиренного молочного остатка 10,0 %, сахара 14 %, без стабилизаторов и со стабилизаторами. Для молочного мороженого количество сахара принимали на минимальном уровне с целью увеличения на этом фоне общего количества сухих веществ растительного сырья в допустимых пределах. Опытные образцы представляли собой смеси мороженого молочного стандартного химического состава без стабилизаторов с содержанием овсяной муки 3 % и с содержанием сухих веществ тыквы и яблок 3 %. В случае составления молочно-яблочных смесей, отдельно обработанные молочную смесь и яблочное пюре смешивали при предварительном охлаждении до температуры 4–6 °С для предотвращения термокислотной коагуляции белков молока.

Содержание свободной и связанной воды в модельных системах и смесях мороженого определяли методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) на низкотемпературном микрокалориметре ДСМ-2М. Содержание свободной воды рассчитывали, исходя из калориметрически определяемой теплоты плавления льда, образовавшегося в результате охлаждения

образца до температуры  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Теплоту плавления регистрировали в виде пиков ДСК-кривых нагревания и определяли с помощью специализированной прикладной компьютерной программы интегрированием площадей под кривыми плавления, сравнивая их с теплотой плавления эталонного вещества (бидистиллированной воды). Содержание связанной воды рассчитывали по разнице между общим ее количеством в образце и количеством свободной воды [7]:

$$m_{mf} = m_w - \frac{A_f m_{st} \Delta H_{st}}{A_{st} \Delta H_f},$$

где:  $m_{mf}$  – масса незамерзающей воды, мг;  $m_w$  – начальная масса воды, мг;  $m_{st}$  – масса эталона, мг;  $A_f$  – площадь под кривой пика плавления свободной (замерзающей) воды,  $\text{см}^2$ ;  $A_{st}$  – площадь под кривой пика плавления эталона,  $\text{см}^2$ ;  $\Delta H_{st}$  – энтальпия плавления эталона, кДж;

$\Delta H_f$  – энтальпия плавления воды (свободной), кДж.

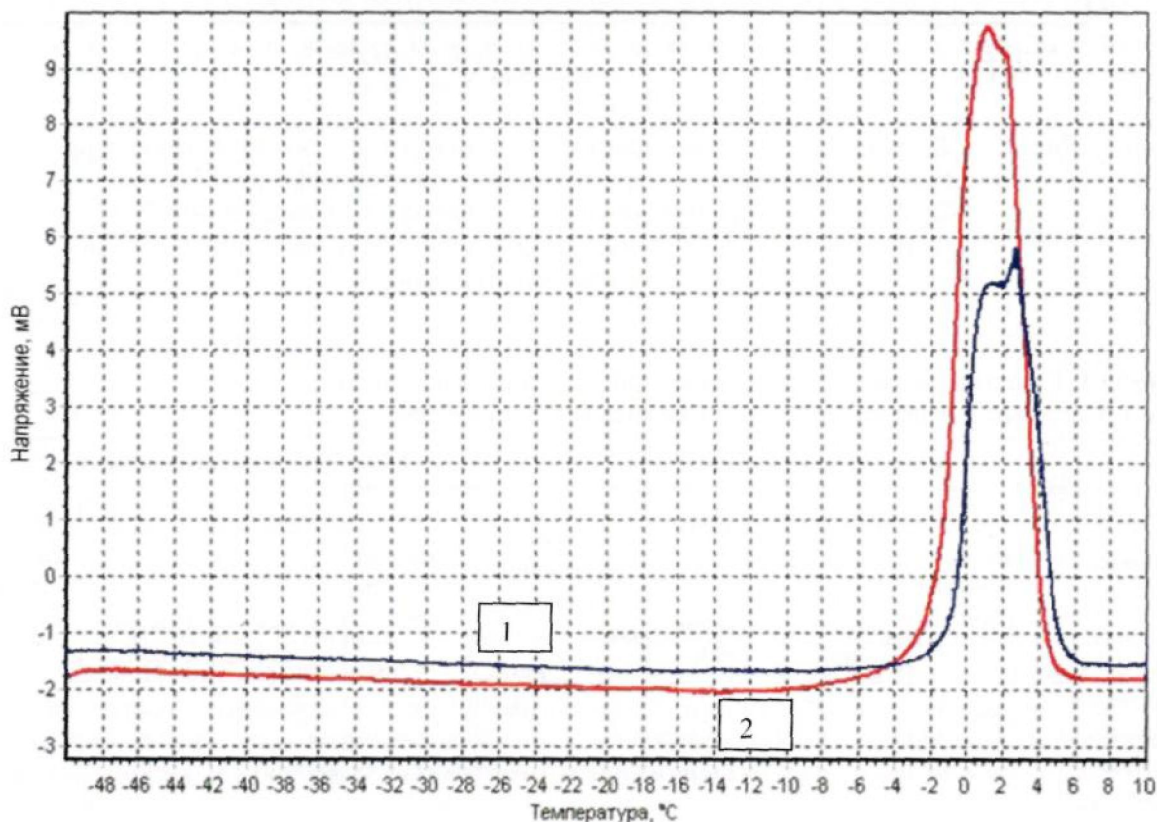
Общую массовую долю влаги в исследуемых образцах определяли высушиванием до постоянной массы в вакуумном шкафу при температуре 378 К.

В ходе исследований также применяли стандартные методы, принятые в молочной промышленности.

### Результаты и их обсуждение

В качестве примера на рисунках 1 и 2 представлены ДСК-кривые нагревания образцов пшеничной и овсяной муки, гидратированной при температурах  $(40 \pm 2)$  и  $(85 \pm 2)$   $^{\circ}\text{C}$ .

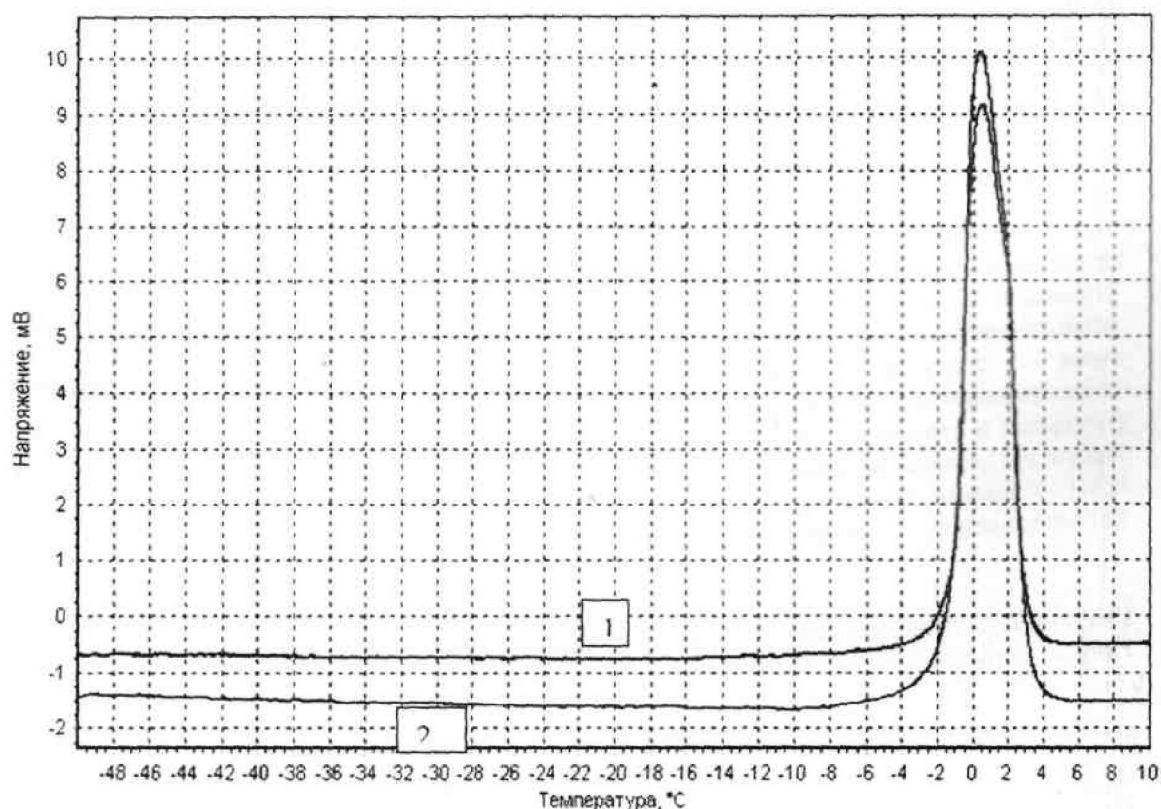
По площадям полученных ДСК-кривых было рассчитано содержание свободной и связанной влаги в исследуемых образцах. Результаты представлены в таблице 1.



**Рис. 1.** ДСК-кривые нагревания образцов пшеничной муки:

1 – гидратированных при температуре  $(40 \pm 2)$   $^{\circ}\text{C}$ ; 2 – гидратированных при температуре  $(85 \pm 2)$   $^{\circ}\text{C}$ . (ДСК-кривые смещены по оси Y для лучшей наглядности)

**Fig. 1.** DSC - heating curves of wheat flour samples: 1 – hydrated at  $(40 \pm 2)$   $^{\circ}\text{C}$ ; 2 – hydrated at  $(85 \pm 2)$   $^{\circ}\text{C}$ . (Note: The DSC curves have been shifted along the Y axis for better visibility)



**Рис. 2.** ДСК-кривые нагревания образцов овсяной муки: 1 – гидратированных при температуре  $(40\pm 2)$  °C; 2 – гидратированных при температуре  $(85\pm 2)$  °C

**Fig. 2.** DSC heating curves of oatmeal samples: 1 – hydrated at  $(40\pm 2)$  °C; 2 – hydrated at  $(85\pm 2)$  °C. (Note: The DSC curves have been shifted along the Y axis for better visibility)

**Таблица 1.** Содержание свободной и связанной воды в образцах муки

**Table 1.** Content of gravitational and bound moisture in the samples of meal

Образец	Образцы, гидратированные при 40 °C				Образцы, гидратированные при 85 °C			
	Массовая доля воды, проц.	Содержание воды, проц.		Удельное содержание связанной воды, $\Gamma_{\text{воды}}/\Gamma_{\text{с.в.}}$	Массовая доля воды, проц.	Содержание воды, проц.		Удельное содержание связанной воды, $\Gamma_{\text{воды}}/\Gamma_{\text{с.в.}}$
		Свободной	Связанной			Свободной	Связанной	
Пшеничная мука	82,69±1,07	89,02±1,05	10,98±0,11	0,525±0,009	87,52±1,21	90,51±1,04	9,49±0,07	0,666±0,010
Овсяная мука	86,09±1,13	89,57±0,97	10,43±0,19	0,642±0,010	87,15±1,57	90,53±1,14	9,47±0,12	0,645±0,011

Исходя из полученных результатов, можно утверждать, что удельное содержание связанной влаги в исследуемых образцах овсяной муки довольно низкое и практически не изменяется под воздействием различных температур гидратации, а численные значения полученных величин находятся в пределах погрешности. Для

пшеничной муки, содержащей до 65–75 % крахмала, зафиксировано умеренное повышение содержания связанной воды – до 26,9 % от первоначального значения. Таким образом, температурный режим 85 °C, значительно превышающий точку клейстеризации крахмала, довольно слабо влияет на связывание воды его

функциональными гидрофильными группами. Выявленный эффект может быть истолкован следующим образом. При формировании сетки геля вода осмотически удерживается внутри полисахаридной матрицы и находится в ней, как в полупроницаемой ячейке. Таким образом, осмотически поглощенная вода не идентифицируется, как связанная. Некоторое различие в способности к связыванию воды мукой пшеничной и овсяной можно объяснить различным составом и содержанием в ней углеводов и белков. Авторы более детально исследовали установленный эффект гидратации муки методом термостимулированной деполаризации совместно с сотрудниками отдела аморфных и структурно-упорядоченных оксидов Института химии поверхности им. А. А. Чуйко НАН Украины и установили следующее [8]. Клейстеризация гидратированной муки

сопровождается разворачиванием макромолекул крахмала и пластификацией их водой. При подобном набухании и разворачивании полисахаридов внутримолекулярные и межмолекулярные пустоты, заполненные водой, переходят из диапазона микропор (радиус меньше 1 нм) и узких мезопор (1–3 нм) в область широких мезопор (10–25 нм) и макропор (более 25 нм).

Полученные результаты полностью согласуются с установленным явлением осмотически удерживаемой в структуре геля воды, а также объясняют старение крахмальных гелей.

Результаты определения количества связанной воды в тыквенном и яблочном пюре при различных видах обработки представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Содержание свободной и связанной воды в плодоовощных пюре  
**Table 2.** Content of gravitational and bound moisture in the fruit and vegetable purees

Образец	Массовая доля воды, проц.	Содержание воды, проц.		Удельное содержание связанной воды, г <sub>воды</sub> /г <sub>с.в.</sub>
		Свободной	Связанной	
Пюре из свежей тыквы	88,17±1,54	86,42±1,50	13,58±0,20	1,012±0,029
Пюре из тыквы после тепловой обработки	88,31±1,45	83,90±1,85	16,10±0,13	1,216±0,040
Пюре из тыквы после тепловой обработки и гомогенизации	88,03±1,20	83,34±1,94	16,66±0,45	1,225±0,026
Пюре из свежих яблок	84,81±1,52	81,08±1,01	18,92±0,34	1,056±0,025
Пюре из яблок после тепловой обработки	86,42±1,61	78,90±1,46	21,10±0,33	1,342±0,032
Пюре из яблок после тепловой обработки и гомогенизации	86,30±1,44	77,49±0,94	22,51±0,22	1,352±0,033

Как видно из данных таблицы 2, можно отметить довольно существенную роль термомеханической обработки плодоовощных пюре в повышении их влагосвязывающей способности. Так, тепловая обработка грубоизмельченных пюре повышает их влагосвязывание на 20,2–27,1 %, вероятно, за счет частичной деструкции протопектина и повышения содержания в исследуемых системах гидратопектина. Дальнейшая механическая обработка пюре на гомогенизаторе клапанного типа при одноступенчатой гомогенизации способствует дальнейшей, хотя и незначительной, деструкции нерастворимого протопектина, увеличивая способность к

связыванию воды исследуемыми системами до 0,9 % для обоих видов пюре. Таким образом, за счет термомеханической обработки влагосвязывающая способность плодоовощных пюре повышается в среднем на 0,21–0,30 г/г сухого вещества. При этом следует отметить, что более эффективным во влагосвязывании является яблочное сырье (при практически одинаковом исходном количестве пектиновых веществ в яблоках и тыкве), вероятно, вследствие проведения более глубокой деструкции протопектина в кислой среде и при меньшей прочности клеточных стенок.

На следующем этапе было определено удельное количество связанной воды в

стандартных смесях молочного мороженого и смесях мороженого с растительным углеводсодержащим сырьем. В смесях молочного мороженого удельное содержание связанной

воды относили к содержанию сухого обезжиренного вещества. Результаты приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** Содержание свободной и связанной воды в смесях мороженого  
**Table 3.** Content of gravitational and bound moisture in the ice cream mixture

Образец	Массовая доля воды, проц.	Содержание воды, проц.		Содержание связанной воды, $\Gamma_{\text{воды}}/\Gamma_{\text{с.в.}}$
		Свободной	Связанной	
Смесь молочного мороженого без стабилизатора	72,5±1,61	64,55±1,25	35,45±0,57	0,981±0,166
Смесь молочного мороженого со стабилизационной системой Cremodan (0,6 %)	71,9±0,84	62,17±1,19	37,83±0,61	1,016±0,142
Смесь молочного мороженого с пектином (0,6 %)	71,9±0,92	62,73±1,23	37,27±0,59	0,999±0,148
Смесь молочного мороженого без стабилизатора с овсяной мукой (3 % сухих веществ муки)	69,5±0,98	60,24±1,16	39,76±0,60	0,934±0,155
Смесь молочного мороженого без стабилизатора с тыквой (3 % сухих веществ тыквы)	69,5±0,52	57,74±1,16	42,26±0,61	0,998±0,120
Смесь молочного мороженого без стабилизатора с яблочным пюре (3 % сухих веществ яблок)	69,5±0,81	57,19±1,20	42,81±0,61	1,012±0,159

Согласно полученным результатам, наиболее технологически эффективными и близкими по влагосвязывающей способности к контрольным образцам являются плодоовощные пюре. Удельное содержание связанной воды в смесях с пектинсодержащими компонентами достигало значения 1 г/г сухого вещества и выше. Некоторое снижение удельного содержания связанной воды в смеси с овсяной мукой по сравнению с контрольными образцами объясняется как общим увеличением сухих веществ в смеси на 3 %, так и низкой влагосвязывающей способностью муки.

Также следует отметить, что роль стабилизаторов структуры (стабилизационной системы Cremodan, пектина) и углеводсодержащего сырья в качестве влагосвязывающих агентов довольно незначительна по сравнению с совокупным влагосвязывающим действием белков молока, лактозы и сахарозы в смесях мороженого. Так, совместная влагосвязывающая способность 10 % сухого обезжиренного молочного остатка и 14 % сахарозы в составе стандартных смесей молочного мороженого составляла в среднем до 90–96 %. Таким образом, основная роль

стабилизаторов в технологии мороженого состоит не в связывании воды, а в структурировании смесей и стабилизации сформированной при фризировании дисперсной структуры готового продукта.

Результаты исследований имеют практический интерес для осуществления расчетов фактических концентраций растворенных веществ в смесях мороженого для предотвращения кристаллизации лактозы и сахарозы в мороженом при его хранении, а также для конструирования новых видов мороженого с углеводсодержащим сырьем.

### Выводы

1. Установлено, что температура гидратации овсяной муки (40±2) °C и (85±2) °C практически не влияет на ее способность связывать воду. В технологии мороженого большее значение представляет структурирование гидратированной овсяной муки при тепловой обработке за счет межмолекулярного взаимодействия входящих в ее состав полисахаридов.
2. Доказано существенное повышение способности к связыванию воды

пектинсодержащих плодовоовощных пюре под воздействием их предварительной обработки при температуре  $(85 \pm 2)$  °C на протяжении 20 мин.

3. Установлено, что роль стабилизаторов структуры и углеводсодержащего растительного сырья в связывании воды в составе смесей мороженого незначительна в сравнении с более эффективным влагосвязыванием молочного белка, лактозы и сахарозы.
4. Полученные результаты исследований влагоудерживающей способности углеводсодержащих ингредиентов позволяют рассчитывать фактические концентрации лактозы и сахарозы в смесях молочно-растительного мороженого при различных соотношениях молочного и растительного сырья с целью регулирования качества.

#### Литература

1. Оленев Ю. А., Творогова А. А., Казакова Н. В., Соловьева Л. Н. Справочник по производству мороженого. Москва, ДеЛи принт, 2004. 798 с.
2. Полищук Г. Е., Вовкодав Н. І., Рыбак О. М., Бреус Н. М. Розроблення математичних моделей для прогнозування реологічних характеристик морозива з нетрадиційними рецептурними компонентами // Молочна промисловість. 2008. № 6. С. 64–67.
3. Holthaus J., Holland P., White J. Inheritance of  $\beta$ -glucan content in oat grain // Crop Sciences. 1998. Vol. 12, No. 4. P. 567–572.
4. Bhatti R. Laboratory and pilot plans extraction and purification of  $\beta$ -glucans from oat grains // Journal of Cereal Chemistry. 1999. Vol. 22, No. 2. P. 163–170.
5. Справочник по гидроколлоидам. Пер. с англ. под ред. Кочетковой А. А. и Сарафановой Л. А. Санкт-Петербург, ГИОРД, 2006. 536 с.
6. Горячева О. О., Кайнаш А. П. Дослідження хімічного складу яблук різних помологічних сортів // Харчова наука і технологія. № 4 (9). 2009. С. 33–34.
7. Михайлик В. А., Давыдова Е. О. Исследование состояния воды в сахаросодержащем растительном сырье при его обезвоживании // Промышленная теплотехника. 2000. № 5–6. С. 50–54.
8. Зарко В. И., Полищук Г. Е., Рыбак О. Н., Гончарук Е. В., Гриценко В. Ф., Гунько В. М. Супрамолекулярные эффекты в гидратированной муке // Химия, физика и технология поверхности. Межведомственный сборник научных трудов Института химии поверхности им. А. А. Чуйка. НАН Украины. Киев, Наукова думка, 2008. № 14. С. 467–477.

G. Polischuk, O. Rybak

#### DETERMINING BOUND MOISTURE IN CARBOHYDRATE-CONTAINING VEGETABLE RAW MATERIALS AND ICE CREAM MIXTURES

##### Summary

The original recipes of milk- and vegetable-containing ice cream, produced by using oatmeal, mashed pumpkins and apples, have been developed. The property of plant material to bind water was studied. By using differential scanning calorimetry, it was found that the temperature of oatmeal hydration did not significantly affect its ability to bind water. A technological importance of hydrated oatmeal structuring due to intermolecular interaction of polysaccharides was proved. The assumption has been made that some water during such three-dimensional structure formation is osmotically absorbed and situated in the matrix as in a semi-permeable cell. In this case, water located in the matrix cannot be identified as bound moisture. There is evidence to suggest that the increase of pumpkin and apple polysaccharides capacity to bind water is related to partial protopectin destruction influenced by heat treatment. The density of moisture in the plant raw material increases by 0.21–0.30 g/g solid. Consequently, carbohydrate-containing vegetable raw materials have different technological effects on the properties of ice cream mixtures: starch-containing raw materials retain water mainly osmotically, within the matrix formed by the macromolecules, whereas pectin-containing raw materials bind water through intermolecular polysaccharide-solvent interactions. In addition, the content of bound moisture in milk- and vegetable-containing ice cream mixtures has been examined in order to produce high quality products.

**Keywords:** oatmeal, pumpkins, apples, bind water, mixtures, ice cream.

G. Poliščiuik, O. Rybak

#### AUGALINĖS ŽALIAVOS IR VALGOMŲJŲ LEDŲ MIŠINIO HIDRATACIJOS NUSTATYMAS

##### Santrauka

Aprašoma originali valgomųjų ledų receptūra. Jie gaminami panaudojant avižų miltus bei obuolių ir arbūzų tyres. Iširtos augalinės žaliavos hidratacinės savybės, panaudojant skenuojančią diferencinę kalorimetriją. Nustatyta, kad avižų miltų hidratacija mažai priklauso nuo temperatūros. Taip pat svarbią reikšmę technologijoje turi hidratuotų avižų miltų susidarymas vykstant tarp molekulinėms polisacharidų sąveikoms. Apdorojus vaisių-daržovių piure  $(85 \pm 2)$  °C temperatūroje, išlaikant 20 min, žymiai išauga jos hidratacinis pajėgumas. Prognozuojama, kad formuojantis analogiškomis struktūroms dalis vandens osmotiškai imobilizuojama matricoje. Šis vanduo negali būti kvalifikuojamas kaip hidratacinis. Nustatyta, kad arbūzų ir obuolių tyrių hidratacinės galios padidinimas atliekant dalinę destrukciją yra perspektyvus šiluminio apdorojimo metu. Vykstant šiam procesui santykinės drėgmės kiekis

augalinėje žaliavoje esti 0,21–0,3 g/g, skaičiuojant pagal sausąją medžiagą. Struktūros stabilizatoriai ir augalinės kilmės žaliavos angliavandeniai nepasižymi hidratacinėmis savybėmis, lyginant su pieno baltymais, laktoze ir sacharozė. Tokiu būdu įrodyta, kad augalinės žaliavos angliavandeniai turi nevienodą technologinę reikšmę valgomųjų ledų mišinių gamyboje. Krakmolo žaliava intensyviau imobilizuoja osmotinę drėgmę atsirandančiose makromolekulinėse matricose. Tuo tarpu pektino žaliavos hidratacijoje pagrindinį vaidmenį turi

vandens tarpmolekulinė sąveika tarp polisacharidų ir tirpiklio.

Ištirtas hidratuoto vandens kiekis pienoškuose ir pienoškuose su augaline žaliava gamintuose leduose. Tyrimų rezultatai leidžia reguliuoti produkto kokybinių rodiklių formavimąsi, apskaičiuoti faktinę laktozės ir sacharozės koncentraciją ledų mišiniuose, esant skirtingam pieno ir augalinės žaliavos santykiui.

**Raktažodžiai:** hidratacija, grūdų žaliava, arbūzų ir obuolių tyrė, valgomieji ledai.

