

## СВЯЗЬ ВЛАГИ В СЛИВОЧНОМ МАСЛЕ С ДОБАВКОЙ КРИПОРОШКА СВЕКЛЫ

Т.А. РАШЕВСКАЯ

*Украинский государственный университет  
пищевых технологий*

При изучении процессов формирования структуры и консистенции жирных пищевых продуктов, в том числе сливочного масла, исследовали, как правило, их жировую фазу, а также влияние содержания влаги и ее дисперсности на консистенцию продуктов. Формы связи влаги с компонентами сливочного масла фактически не изучены. Мас-

ло содержит от 16 до 35% влаги. Поэтому формы связи ее с нежировыми компонентами существенно влияют на свойства продукта. Особенно важное значение имеют формы связи влаги при производстве масла с наполнителями и добавками.

Нами разработан новый вид масла с добавкой крипорошка красной столовой свеклы. Проведенные исследования показали, что добавка способствует пластификации продукта.

Цель работы — изучить влияние крипорошка свеклы на формы связи влаги в сливочном масле.

Широко используемый в последние годы метод дифференциальной сканирующей калориметрии, основанный на определении содержания свободной (вымораживаемой) воды по тепловым эффектам фазовых превращений льда в воду, для исследования сливочного масла неприемлем. Это связано с тем, что при нагревании образца сливочного масла фазовые превращения льда накладываются на фазовые превращения легкоплавких глицеридов жировой фазы продукта. Изучение влияния добавки криопорошка свеклы на формы связи влаги в сливочном масле проводили с помощью термогравиметрического анализа на приборе Дериватограф ОД-102-568/С. Прибор фиксировал тепловые эффекты методом дифференциально-термического анализа ДТА, изменение массы исследуемого продукта термогравиметрическим методом ТГ, а термогравиметрия по производной дала возможность установить скорость потери массы ТГП.

Исследования проводили при скорости монотонного нарастания температуры 2,5°C/мин, подогрев образцов вели до 250°C. Обработку полученных кривых осуществляли с помощью ЭВМ персонального компьютера.

При описании дериватограмм считали, что происходит активационная реакция первого порядка, кинетика которой описывается уравнением

$$d\Theta / dt = -K\Theta; \quad (1)$$

$$K = K_0 \exp(-E_a / K_{Bo}T),$$

где  $\Theta$  — количество вещества;  
 $K$  — скорость реакции;  
 $E_a$  — энергия активации;  
 $K_{Bo}$  — постоянная Больцмана;  
 $T$  — абсолютная температура.

Тогда

$$\Theta(t) = \exp(-f(t));$$

$$f(t) = K_0 \int_0^t \exp(-E_a / K_{Bo}T) dt,$$

или при линейном нагреве со скоростью  $\beta$

$$T = T_0 + \beta t;$$

$$\Theta(T, E_a) = \exp(f(T));$$

$$fT = K_0\beta \int_{T_0}^T \exp(-E_a / K_{Bo}T) dT, \quad (2)$$

что и определяет кривые ДТА.

По этим функциям раскладывали с использованием ЭВМ термограмму удаления влаги

$$M = \sum_i A_i \Theta(T, E_{ai}), \quad (3)$$

откуда определяли количества и типы выделения влаги.

На рис. 1 представлены дериватограммы образцов масла: 1 — без добавки (контроль); 2 — с добавкой криопорошка красной столовой свеклы. Графики показывают, что влага в сливочном масле находится в нескольких формах связи. Основная ее часть удаляется из продукта в температурном интервале 70–110°C.

Ряд исследователей упрощает классификацию форм связи воды и предлагает две основные группы: свободную и связанную воду. На наш взгляд,

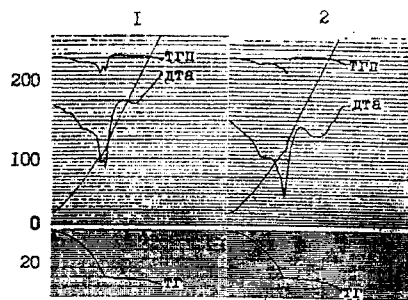


Рис. 1

наиболее общепризнанная и совершенная классификация форм связи влаги с материалом предложена П.А. Ребиндером [1]. Она учитывает как природу образования разных форм, так и энергию их связи с материалом. Согласно классификации П.А. Ребиндера все формы связи распределяются на три большие группы: химическую, физико-химическую и физико-механическую.

Когда речь идет о связанной влаге, то имеется в виду только часть физико-химически связанной влаги, удерживаемой прочно, к которой относится адсорбционная связь в моно- и полимолекулярных слоях. Адсорбция сопровождается выделением тепла, так как потенциальная энергия поверхностных слоев благодаря адсорбции переходит в теплоту. Удаление этой влаги требует большей затраты тепла. К физико-химической влаге относится также влага набухания, которая состоит из осмотической и иммобилизованной. Влага набухания считается свободной в том смысле, что ей соответствует весьма малая энергия связи. Поглощение влаги набухания происходит без выделения тепла и без сжатия системы.

Формы связи влаги в исследуемых образцах масла определяли обработкой на ПК кривых ТГ, характеризующих потери влаги в масле (рис. 2: а — без добавки; б — с криопорошком красной

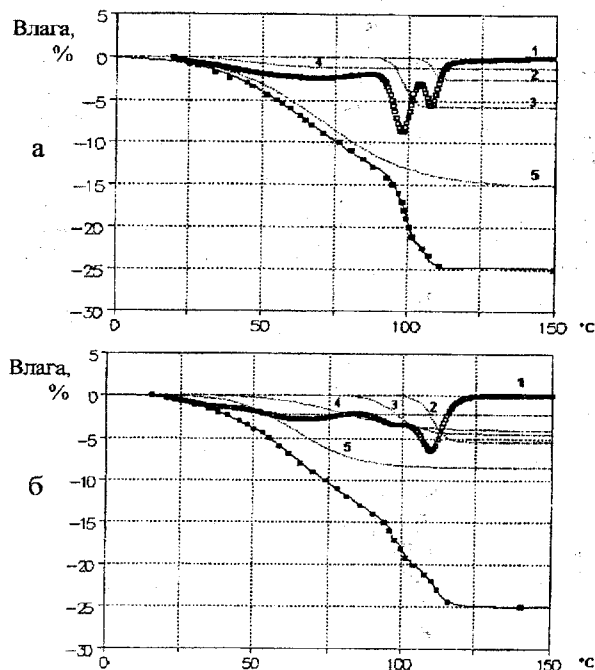


Рис. 2

Таблица

Формы связи влаги	Контроль			Масло с криопорошком свеклы		
	Содержание, %	Температурный пик, °С	Температурный интервал, °С	Содержание, %	Температурный пик, °С	Температурный интервал, °С
Менее прочно связанная влага:	16,5			13,0		
механически	3,0	35	25-50	4,0	35	25-53
осмотически	6,5	67	50-75	6,0	65	53-75
	7,0	82	75-90	3,0	80	75-88
Более прочно связанная влага:	8,5			12,0		
полимолекулярный слой	5,5	105	90-110	6,0	100	88-105
мономолекулярный слой	3,0	115	110-155	6,0	112	105-150

столовой свеклы; 1 — мономолекулярная влага; 2 — полимолекулярная; 3, 4 — осмотическая; 5 — механически связанная. Полученные данные о количестве каждого вида влаги в продукте, пиках и интервалах удаления влаги представлены в таблице. Видно, что в обоих видах масла на первом этапе при достаточно низких температурах (25–50°C) удаляется небольшое количество механически связанной (свободной) влаги. Температуры максимального удаления менее прочно связанной (осмотической) влаги из образцов масла контрольного и с добавкой криопорошка свеклы также мало различались. Количество осмотически связанной влаги в контрольном образце на 4,5% больше, чем в масле с криопорошком свеклы. Это связано с тем, что в жировой фазе образца масла без добавок гидрофильными свойствами, т.е. способностью связывать воду, обладают в основном оболочки жировых шариков. Согласно модели структуры оболочки Своупа-Бруннера [2], которая по мнению А.П. Белоусова [3] наиболее соответствует ее действительной структуре, на внешней оболочке жирового шарика имеется сольватный слой. Он образован молекулами воды, испытывающими ориентирующее влияние гидрофильных групп, содержащихся в фосфатно-белковых комплексах наружного слоя оболочки их осколков.

В масле с криопорошком красной столовой свеклы по сравнению с контрольным образцом содержание более прочно связанной (адсорбционной) влаги выше на 3,5%. Наличие в структуре данного вида масла мелко диспергированного криопорошка способствует миграции менее прочно связанной влаги к частицам порошка. Проходит процесс гидратации, т.е. присоединение адсорбционной влаги к поверхностным слоям частиц порошка. Количество воды в мономолекулярном слое в масле с криопорошком свеклы в 2 раза выше, чем в контроле. Температура эндотермического пика удаления полимолекулярной влаги в образце масла с криопорошком на 5°C ниже, чем аналогичного пика контрольного образца. Температура удаления мономолекулярного слоя влаги в масле с криопорошком на 3°C ниже, чем в контроле.

Адсорбционная влага имеет иные свойства, чем вода, способствует диспергированию частиц и пластификации продукта. Она свойственна обычно структурам коагуляционного типа, хотя может существовать в структуре других типов [1, 4, 5].

Полученные данные об увеличении содержания адсорбционной влаги в масле с криопорошком свеклы хорошо согласуются с ранее полученными результатами исследований, свидетельствующими, что добавка криопорошка свеклы способствует формированию более пластичной консистенции сливочного масла с повышенными коагуляционными свойствами структуры [6].

#### ВЫВОД

Установлено, что добавка криопорошка красной столовой свеклы повышает прочность связывания воды в структуре сливочного масла, изменяя соотношение количества влаги с разными формами связи в сторону увеличения адсорбционной влаги мономолекулярных и полимолекулярных слоев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ребиндер П.А. О формах связи влаги с материалом в процессе сушки // Тр. Всесоюз. совещ. по интенсификации процессов и улучшению качества материалов. — М.: Профиздат, 1958.
2. Swope F.C., Brunner I.R. The fat globule membrane of cow s. milk: a reassessment of isolation procedures and mineral composition // *Milchwissenschaft*. — 1968. — 23. — Н.8. — S. 470–473.
3. Белоусов А.П. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 264 с.
4. Керил М. Физико-химическая модификация состояния воды в пищевых продуктах // Вода в пищевых продуктах / Под ред. Р.Б. Дакурта; Пер. с англ. — М.: Пищевая пром-сть, 1980. — 376 с.
5. Гинзбург А.С., Савина И.М. Массовообменные характеристики пищевых продуктов. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. — 280 с.
6. Рашевська Т.О., Гулий І.С., Прядко М.О., Сімахіна Г.О., Андрущенко В.П. Перспектива використання криопорошків буряку у виробництві вершкового масла // Зб. тез. допов. "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість". — Київ: УДУХТ, 1995. — С. 189.

Проблемная научно-исследовательская лаборатория  
Поступила 14.07.98