

Литература

1. Дикорастущие и культивируемые в Сибири ягодные и плодовые растения / А.Б. Горбунов, В.Н. Васильева, В.С. Смагин [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 262–264.
2. Кощеев А.К., Кощеев А.А. Дикорастущие съедобные растения. – 2-е изд. – М.: Колос, 1994. – 351 с.
3. Типсина Н.Н., Якоевич Н.Ю., Глазырин С.В. Перспективы использования черёмухи обыкновенной // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №10. – С. 262–270.
4. ГОСТ 3318-74. Плоды черёмухи обыкновенной. – М.: Изд-во стандартов, 1974.



УДК628.1:66.065.512

E.V. Короткая, И.А. Короткий, А.В. Учайкин

ОЧИСТКА ВОДЫ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ В ЕМКОСТНОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

В работе представлены результаты исследования процесса разделительного вымораживания воды в кристаллизаторе ёмкостного типа при различных температурах хладоносителя и продолжительности кристаллизации. Установлена зависимость массы образующегося льда от времени кристаллизации и температуры хладоносителя. Изучено влияние скорости льдообразования на качественные показатели воды (цветность, содержание сухого остатка, общая жесткость, окисляемость, содержание хлоридов и фторидов). На основании полученных зависимостей определены режимы разделительного вымораживания, позволяющие получить воду с высокими показателями качества.

Ключевые слова: криоконцентрирование, разделительное вымораживание, очистка воды, ёмкостный кристаллизатор.

E.V. Korotkaya, I.A. Korotkiy, A.V. Uchaykin

WATER PURIFICATION BY FREEZING IN CAPACITIVE CRYSTALLIZER

The research results of the water separating freezing process in the capacitive type crystallizer in various coolant temperatures and crystallization duration are presented in the article. The dependence of the formed icemass on the crystallization time and coolant temperature is determined. The influence of the ice formation speed on the water quality parameters (color, solid content, total hardness, oxidation, chloride and fluoride content) is studied. Based on the received dependencies the separating freezing modes allowing to get the water with the high quality indices are defined.

Key words: cryo-concentration, separating freezing, water purification, capacitive crystallizer.

Введение. Вода является важнейшим компонентом среды обитания человека. Человеческий организм находится в состоянии непрерывного водного обмена с окружающей средой. Вода обеспечивает прохождение всех жизненных процессов в организме.

Вода, находящаяся в природе, представляет собой многокомпонентный раствор органических и неорганических соединений, механических примесей, газов. Для того чтобы сделать воду пригодной для использования в промышленности или питья, она должна пройти специальную подготовку, в процессе которой воду освобождают от вредных примесей. Такой технологический процесс называют водоподготовкой. Набор технологических процессов, используемых в технологиях

водоподготовки, зависит от состояния исходной воды, требований к конечному продукту, а также от возможностей производителя [1, 2].

Для использования в пищевых производствах перспективным методом очистки воды представляется вымораживание.

Физико-химическая основа очистки воды методом вымораживания заключается в следующем: при замерзании растворов кристаллизуется чистый растворитель – вода, а раствор насыщается остатком растворенных веществ. Удаление насыщенного примесями раствора и плавление льда завершают процесс водоподготовки.

Применение технологии вымораживания позволит исключить из технологического процесса водоподготовки этапы: очистка воды от механических примесей, осветление воды и удаление активного хлора, умягчение, обессоливание, удаление растворенных газов.

Процессы разделительного вымораживания происходят в кристаллизаторах косвенного охлаждения. В таких кристаллизаторах на теплообменной поверхности происходит намораживание льда за счет отвода теплоты кристаллизации хладоносителем. В таких аппаратах не происходит механического удаления льда с поверхности теплообмена, по завершении процесса кристаллизации жидкий остаток с примесями сливается из центральной части емкости, после чего намороженный лед плавится и удаляется из аппарата. Это позволяет значительно упростить технологию разделительного вымораживания и повысить эффективность очистки воды разделительным вымораживанием.

Цель исследований. Изучение процесса разделительного вымораживания воды в кристаллизаторе емкостного типа и определение показателей качества вымороженной воды.

Материалы и методы. Для проведения экспериментальных исследований был использован емкостный кристаллизатор [3].

Контрольно-измерительный комплекс регистрации температур раствора, хладоносителя, узловых точек цикла холодильной машины и поддержания заданной температуры хладоносителя включал в себя термопары, измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ1, преобразователь интерфейса RS-485, модуль ввода аналоговый ОВЕН МВА8 и персональный компьютер. Перед началом каждого эксперимента в криоконцентратор заливалось 3500 мл воды, предварительно охлажденной до температуры 1° С. Измерителем-регулятором ОВЕН ТРМ1 задавалась температура хладоносителя -2, -5, -7 и -10° С, эксперимент проводился в течение 15, 30, 60, 90, 120 и 180 минут. По истечении заданного времени незамерзшая вода сливалась, и с помощью мерного цилиндра определялось количество вымороженной воды.

Расчет высоты намороженного льда ($h_{\text{л}}$, м) проводили по формуле

$$h_{\text{л}} = \frac{4 \cdot V_{\text{см}}}{\pi \cdot D^2}, \quad (1)$$

где $V_{\text{см}}$ – объем водоледяной смеси (определяется как сумма объема незамороженной воды и намороженного льда), м³; D – диаметр рабочей емкости криоконцентратора, равный 0,174 м. При определении объема водоледяной смеси учитывались значения плотности воды и льда, составляющие соответственно 0,9982 и 0,917 г/см³.

Внутренний диаметр ледяного массива ($D_{\text{л.м.}}$, м) рассчитывали по формуле

$$D_{\text{л.м.}} = \sqrt{\frac{D^2 - 4 \cdot V_{\text{л}}}{\pi \cdot h_{\text{л}}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{л}}$ – объем образовавшегося льда, м³.

Толщина намороженного слоя льда (S , мм) определялась по формуле

$$S = \frac{D - D_{\text{л.м.}}}{2} \cdot 1000. \quad (3)$$

В качестве исходной воды использовали воду из водопроводной сети города Кемерово. Определяли показатели качества вымороженной воды: цветность по ГОСТ 3351-74; содержание сухого остатка по ГОСТ 18164-72; общая жесткость по ГОСТ 4151-72; перманганатная окисляемость по ГОСТ 55684-2013; содержание хлоридов по ГОСТ 4245-72, массовая концентрация фторидов по ГОСТ 4386-89.

Результаты и их обсуждение. Холодильная машина после запуска работает непрерывно до тех пор, пока температура хладоносителя не достигнет заданного значения. Необходимое для этого время при установленных значениях температуры хладоносителя ($t_{\text{хл}}$) -2, -5, -7 и -10° С составило 25, 60, 96 и 160 мин соответственно (рис. 1). Далее на графиках наблюдается волнообразный характер температурных кривых, при этом холодильная машина работает в циклическом режиме для поддержания заданной температуры хладоносителя в допустимом диапазоне, установленном перед началом эксперимента.

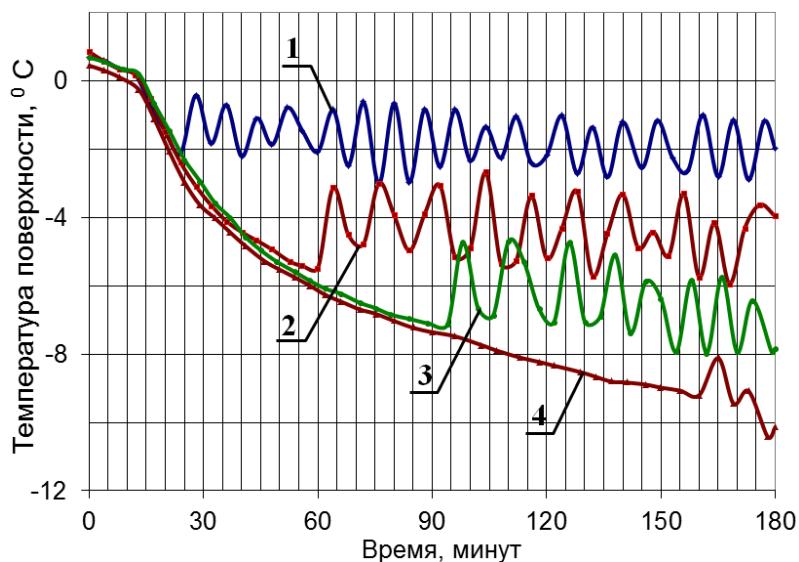


Рис. 1. Зависимость температуры теплообменной поверхности кристаллизатора от времени замораживания при $t_{\text{хл}}$: 1 – минус 2°С; 2 – минус 5°С; 3 – минус 7°С; 4 – минус 10°С

Результаты определения количества вымороженной воды в процессе кристаллизации в зависимости от времени и температуры хладоносителя представлены в таблице 1.

Таблица 1
Количество вымороженной воды в процессе кристаллизации, кг

Время, мин	Температура хладоносителя $t_{\text{хл}}$, °С			
	-2	-5	-7	-10
15	0,2	0,2	0,2	0,2
30	0,41	0,45	0,45	0,45
60	0,66	0,95	1,00	1,01
90	0,87	1,24	1,43	1,46
120	1,08	1,50	1,70	1,81
180	1,39	1,95	2,25	2,43

Анализ полученных данных свидетельствуют, что через 30 мин количество вымороженной воды при всех заданных температурах хладоносителя практически совпадает, так как к этому времени температура его достигает заданного уровня лишь при установленном значении температуры -2°C (рис. 1). В дальнейшем масса вымороженной воды увеличивается, причем тем больше, чем больше длительность вымораживания и ниже температура хладоносителя.

Масса льда, образовавшегося в процессе кристаллизации, зависит от продолжительности вымораживания, температуры хладоносителя, а также размера и формы кристаллизатора. Поэтому, помимо массы льда, для разработки технологического процесса криоконцентрирования важной характеристикой является толщина слоя намораживаемого льда.

Для определения толщины слоя намороженного льда использовали формулы (1)–(3). По полученным данным был построен график зависимости толщины слоя намораживаемого льда от времени кристаллизации при различных значениях температуры хладоносителя (рис. 2).

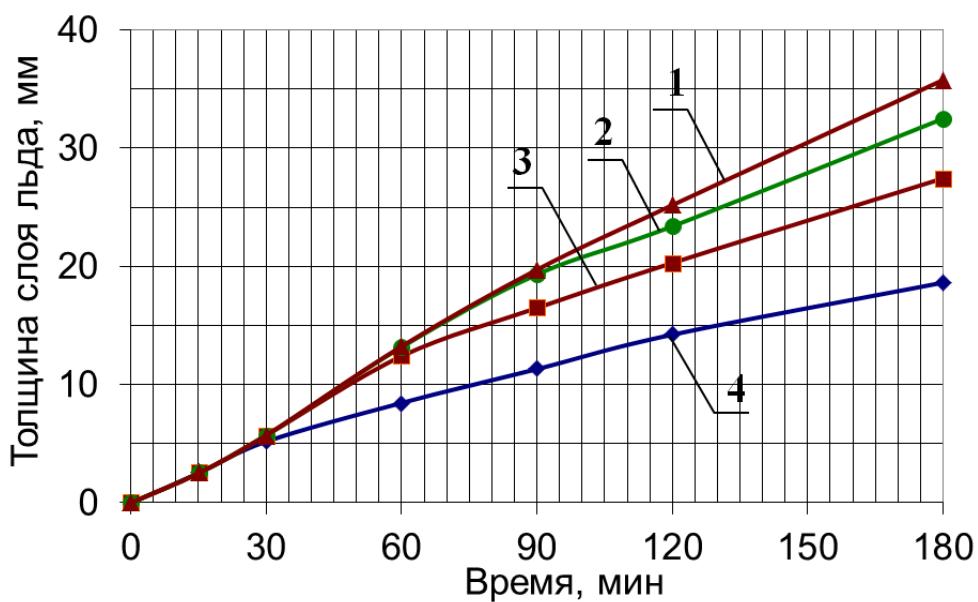


Рис. 2. Зависимость толщины слоя намораживаемого льда от времени при $t_{хл}$: 1 – минус 10°C ; 2 – минус 7°C ; 3 – минус 5°C ; 4 – минус 2°C

Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать вывод, что скорость образования льда имеет нелинейный характер. При температурах хладоносителя -10 , -7 и -5°C наибольшая скорость льдообразования наблюдалась в диапазоне от 30 до 60 мин и в среднем составила 0,24 мм/мин. При температуре хладоносителя -2°C максимальная скорость льдообразования наблюдалась в первые 30 мин замораживания. Дальнейшее увеличение времени кристаллизации до 180 мин приводило к снижению скорости льдообразования в среднем в 1,4–1,8 раза при различных температурах хладоносителя. Уменьшение скорости льдообразования при увеличении продолжительности замораживания обусловлено тем, что по мере роста толщины слоя льда термическое сопротивление между теплообменной поверхностью и водой повышается, что снижает эффективность отвода теплоты.

Оценка качества воды осуществляется по совокупности различных характеристик, учитывающих широкий спектр органолептических и химических показателей. Для определения показателей качества вымороженной воды процесс разделительного вымораживания осуществляли до толщины слоя льда 10–12 мм. По указанным выше методикам определяли некоторые органолептические и химические показатели вымороженной воды (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав исследованных образцов воды

Показатель	Исход- ная	Вымороженная, при 0°C		Незамерзшая, при 0°C		Гигиени- ческие нормы
		при -2	при -5	при -2	при -5	
Цветность, градус	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	20
Сухой остаток, мг/дм ³	154,4	19,6	26,8	157,1	142,3	1000
Жесткость общая, ° Ж	2,5	0,4	0,6	3,0	2,9	7,0
Окисляемость перманганат- ная, мгО/дм ³	1,61	0,25	0,42	1,84	1,79	5,0
Хлориды, мг/дм ³	8,2	1,1	2,3	9,4	9,1	350
Фториды, мг/дм ³	0,19	0,07	0,10	0,24	0,22	1,50

Приведенные результаты свидетельствуют о значительном влиянии разделительного вымораживания на содержание растворенных веществ. Наименьший сухой остаток имеет вода, вымороженная при температуре -2°C, наибольший – вода, оставшаяся незамерзшей при температуре -2°C. Вода, вымороженная при температуре -5°C, имела несколько больший сухой остаток, в то же время вода, оставшаяся незамерзшей, имела несколько меньший сухой остаток по сравнению с водой, разделяемой при температуре -2°C. Это обусловлено, вероятно, большей скоростью процесса разделительного вымораживания при температуре -5°C. При более высокой скорости кристаллизации в формирующемся массиве льда захватывается большее количество растворенных веществ и, соответственно, меньшее их количество остается в жидкой фазе. Это подтверждается и распределением солей жесткости в исследуемых образцах воды. Наименьшую жесткость имеет вода, вымороженная при температуре -2°C, наибольшую – оставшаяся незамерзшей при температуре -2°C.

Наименьшая окисляемость воды обнаружена у воды, вымороженной при температуре -2°C. Наибольшая – у воды, не замерзшей при температуре -2°C. При этом окисляемость воды, оставшейся не замерзшей при температуре -2°C и при температуре -5°C, отличается незначительно. Существенное снижение окисляемости вымороженной воды объясняется тем, что при кристаллизации из воды вытесняются растворенные в ней газы, в том числе и кислород.

Наименьшее содержание фторидов отмечено в воде, вымороженной при температуре -2°C, а наибольшее – в воде, оставшейся незамерзшей при температуре -2°C. Характер полученных результатов свидетельствует о накоплении фторидов в незамерзшей воде и эффективном освобождении от них вымороженной воды.

Содержание хлоридов в исследуемых образцах воды соответствовало характеру распределения содержания фторидов в тех же образцах воды. Наименьшее содержание хлоридов наблюдалось у образцов воды, вымороженной при температуре -2°C, наибольшее – в воде, оставшейся незамерзшей при температуре -2°C.

Заключение. В целом результаты проведенных исследований свидетельствуют о значительном улучшении показателей вымороженной воды по сравнению с водой из водопроводной сети. Показатели воды вымороженной при -5°C, -7 и -10°C также более высокие по сравнению с водой из водопроводной сети, но имеют худшие значения по сравнению с водой, вымороженной при температуре -2°C. Это объясняется тем, что процесс разделительного вымораживания при температуре -2°C идет медленнее, чем при температуре -5°C, поэтому выделение чистой воды идет более эффективно.

Литература

1. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДeЛи прeнт, 2004. – 328 с.
2. Ивлева А.М., Образцов С.В., Орлов А.А. Современные методы очистки воды. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 78 с.
3. Короткий И.А., Федоров Д.Е., Тризно Н.А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – С. 120–125.



УДК 631.363.258/638.178

**Н.В. Бышов, Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин,
И.А. Успенский, В.В. Павлов**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВОСКА ИЗ ВОСКОВОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА

Описана методика проведения опыта, позволяющего установить влияние количества загрязнений, содержащихся в сушах пчелиных сотов, на выход воска при использовании традиционной пасечной технологии перетопки воскового сырья. Описана методика проведения эксперимента по установлению зависимости пластических свойств восковой основы сота от температуры. Установлены математические модели исследованных свойств и процесса.

Ключевые слова: воск, вощина, перга, восковитость, сушь сотов, температура, прочностные свойства.

**N.V. Byshov, D.N. Byshov, D.E. Kashirin,
I.A. Uspenskiy, V.V. Pavlov**

THE RESEARCH OF THE PROCESS OF THE WAX RECEIVING FROM THE WAX RAW MATERIALS OF DIFFERENT QUALITY

The experiment conducting methodology allowing to determine the influence of the amount of pollution contained in the bee empty honeycombs on the wax output in the use of the traditional apiarytechnology of the wax raw material melting is described. The methodology of the experiment carrying out to establish the dependence of the plastic properties of the honeycomb wax base on the temperature is described. The mathematical models of the researched properties and process are established.

Key words: wax, honeycombs, ambrosia, wax property, dry combs, temperature, stability properties.

Введение. Воск имеет исключительно важное значение для народного хозяйства. Более 40 отраслей промышленности используют его в качестве сырья. Источник поступления воска в народное хозяйство – крупные и мелкие пасеки, пчелокомбинаты, которые сдают на заготовительные пункты лишь часть производимого ими товарного воска и воскосырья. Основная же часть уходит на обновление и увеличение сотового хозяйства пасек. Исходя из этого, важной задачей для пчеловодов представляется увеличение объемов получения и использования качественного воска I и II сортов.

Традиционно для получения воска в условиях пасеки пчеловоды перетапливают в паровых или солнечных воскотопках выбракованные пчелиные соты, которые, как правило, сильно загряз-