

УДК 620.2:634.7

Оценка качественного состава замороженных продуктов переработки дикорастущих ягод

Д.Н. Одарченко, канд. техн. наук, доцент, **А.И. Кудряшов**, аспирант,
Н.С. Одарченко, канд. техн. наук, профессор, **Е.А. Сюсель**, ассистент
 Харьковский государственный университет питания и торговли
В.Н. Сорокопудов, д-р с.-х. наук, профессор
 НИУ «БелГУ», г. Белгород
Н.И. Мячикова, канд. техн. наук, доцент
 Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Развитие промышленного производства пищевых продуктов ставит на первое место проблемы сохранения их качества и увеличения сроков хранения. Один из путей решения задач рационального использования ресурсов ягодного сырья и увеличения выпуска высококачественной продукции на ее основе – организация промышленного производства замороженных полуфабрикатов и продуктов их переработки. Однако степень использования ценных ягод для производства полуфабрикатов является неудовлетворительна из-за недостаточности соответствующих научных исследований и технологических решений. В связи с этим расширение ассортимента замороженных полуфабрикатов и продуктов переработки из ягод, учитывая его недостаточность, представляет особый интерес. Основная задача, стоящая в современных условиях перед специалистами товароведной отрасли, – выпуск безопасной и качественной продукции для потребителя. Определение качества может проводиться субъективными и объективными методами. На сегодняшний день для оценки качества замороженных ягодных полуфабри-

катов применяют различные объективные методы (химические, физические, физико-химические, микробиологические), основанные на физико-химических измерениях. Однако проведение полного физико-химического анализа состава замороженных ягодных полуфабрикатов и продуктов их переработки требует больших затрат времени и применения дорогостоящего оборудования, которое находится в специально подготовленных аккредитованных лабораториях. В связи с этим актуальна разработка более чувствительных, экспрессных методов лабораторного анализа.

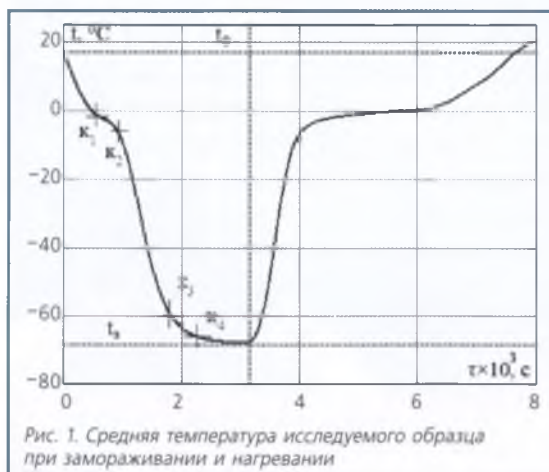
Криоскопические и оптические свойства ягод могут служить показателем, который поможет определять качество продуктов переработки ягод.

Объектом научного исследования была плазма клюквы крупноплодной и калины обыкновенной. Предметом исследования выступали криоскопические свойства растворов плазм клюквы крупноплодной и калины обыкновенной, подлежащих низкотемпературному замораживанию. Цели работы – определение и обоснование термодинамических и оптических величин, выступающих своего рода показателями качества новых замороженных продуктов переработки из дикорастущих ягод.

Предварительно перед замораживанием проводили центрифугирование механически измельченных ягод клюквы крупноплодной и калины обыкновенной. Процесс центрифугирования осуществляли при скорости вращения барабана центрифуги 5000 мин^{-1} в течение 15 мин до получения двух фаз: жидкой (плазмы) и твердой (жмыха). Жидкую фазу использовали для приготовления исследуемых растворов. Для определения термодинамических величин выбрали растворы одинаковой концентрации (соотношение вода:плазма – 1:10), а именно: растворы плаз-

мы клюквы крупноплодной и калины обыкновенной, полученной путем четырехкратного цикла замораживания – центрифугирования. Диапазоны температур кристаллизации и массовую долю вымороженной влаги определяли по методике, которая была разработана в Харьковском государственном университете питания и торговли. Методика позволяет устанавливать количество теплоты, выделяющейся при кристаллизации свободной влаги в пищевом сырье. Суть этого калориметрического метода заключается в измерении сигнала дифференциальной термопары, которая регистрирует изменение температуры потока холодного воздуха, окружающей исследуемый образец. Замораживанию подлежали растворы плазмы клюквы крупноплодной и калины обыкновенной массой 25 г, которые помещали в специальные пластмассовые емкости цилиндрической формы и погружали в калориметр с заданной отрицательной температурой среды. Процесс замораживания считался завершенным, когда температура внутри исследуемого образца достигала значений заданной температуры. После этого осуществляли процесс размораживания исследуемых растворов путем установления в камере калориметра температуры окружающей среды. Эксперимент считался завершенным после достижения температуры в исследуемом образце $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. В ходе эксперимента контролировали среднеобъемную температуру образцов растворов, а также температуру входящей и выходящей из камеры калориметра смеси воздуха и азота. Регистрацию осуществляли с помощью хромель-копелевых термопар в полиэтиленовой оболочке диаметром пайки 0,2 мм. Сигнал от термопар регистрировали цифровым потенциометром, соединенным с портом ПК. По данным экспериментов проводили построение математической модели изменений при помощи методов, реализованных в программной среде MathCad 14.

Общий вид термограмм при замораживании и нагревании исследуемых образцов представлены на рис. 1. Термограмма разбита на два участка, которые отделены вертикальной линией: левая часть – участок замораживания до постоянной температуры (для случая замораживания до $-70 \text{ }^\circ\text{C}$), правая часть – нагревания (дефростации) при постоянной температуре, равной температуре окружающей среды $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Визуальная информативность термограмм показывает, что кривые замораживания и размораживания несколько отлича-



ются по продолжительности: процесс размораживания несколько длительнее замораживания.

В процессе замораживания выделяются три периода: первый (предварительное замораживание) – снижение температуры исследуемого образца от исходной до криоскопической (промежуток до точки K_1), второй (замораживание) – период, в течение которого температура в определенном месте продукта почти постоянная, поскольку выделение теплоты сопровождается переходом большей части воды в лед. То есть до точки K_2 происходит непосредственный процесс кристаллизации частицы воды, которую будем называть «вымороженной». Промежуток между точками K_1 и K_2 считается первым диапазоном кристаллизации вымороженной воды. Третий период замораживания (домораживание) – период, в течение которого температура продукта снижается до заданной конечной. Так, если рассматривать рисунок, то после точки K_2 дальше происходит охлаждение образца до точки K_3 , характеризующий начало кристаллизации части «не вымороженной» воды. Промежуток от точки K_3 до точки K_4 – второй диапазон кристаллизации воды. После точки K_4 происходит охлаждение исследуемого образца непосредственно до заданной температуры замораживания. На кривой нагревания можно идентифицировать аналогичные участки, обусловленные размораживанием воды (таянием льда).

Значения криоскопической температуры (K_i) использовали для расчета криоскопической постоянной и средней молярной массы растворенных веществ (1–4). Проведенные криоскопические исследования предоставили возможность определить по второму закону Рауля среднюю молярную массу растворенных веществ, вызывающих смещение температуры кристаллизации воды в область низких температур. Этот закон предоставляет возможность достаточно легко осуществлять экспериментальное определение молярных масс молекул некоторых соединений, способных к диссоциации в данном растворителе. Согласно этому закону:

$$\Delta T = k \cdot B = k \frac{g}{\mu} \quad (1)$$

где ΔT – снижение температуры замерзания раствора, °C; B – молярность раствора, моль/кг; k – криоскопическая постоянная; g – число грамм растворенного вещества в G граммах растворителя, г; m – молярная масса растворенного вещества, г/моль.

Величину криоскопической постоянной можно определить по эмпирической формуле:

$$k = \frac{2 \cdot T_0^2}{G \cdot r} \quad (2)$$

где T_0 – температура затвердевания раствора, K ; r – теплота кристаллизации, $r = 33,3 \cdot 10^4$ Дж/кг.

Из формулы (1) определяется молярная масса растворенных веществ:

$$\mu = \frac{k \cdot g}{\Delta T} \quad (3)$$

Среднюю молярную массу можно определить как:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (4)$$

где m_i – масса i -го компонента; v_i – число молей i -го компонента.

Отсюда видно, что μ будет зависеть от мольной доли компонента в смеси.

В общем случае следует учитывать, что исследуемые объекты содержат диссоциирующие молекулы. Поэтому в закон Рауля следует вводить поправку на так называемый изотонический коэффициент i (фактор Вант-Гоффа). Это некий безразмерный параметр, который связан со степенью диссоциации молекул в растворе, т. е. учитывающий относительное изменение количества частиц за счет диссоциации. Поэтому определенная по данному закону величина μ в приведенных исследованиях содержит в большей степени качественную информацию, чем информацию об абсолютной величине μ .

Обобщение приведенных данных свидетельствует о том, что вещества, содержащиеся в исследуемых растворах, имеют низкую молярную массу (моно- и дисахариды, пектиновые вещества и т. п.) и не вызывают большого смещение температурного интервала кристаллизации в сторону низких температур. Полученные результаты обосновывают возможность использования данной методики для качественной оценки замороженных продуктов переработки ягод.

Оптические свойства дисперсных систем обусловлены их главными признаками: дисперсностью и гетерогенностью. Дисперсные системы неоднородны по фазовому составу, поэтому имеют оптическую неоднородность. На оптические свойства дисперсных систем в значительной степени влияют структура, размер и форма частиц. В коллоидных растворах светорассеивание проявляется в виде опалесценции – матового свечения, которое можно наблюдать при освещении раствора на темном фоне. С опалесценцией связано специфическое для коллоидных систем явление – «эффект Тиндаля». При фокусировке света в сосуде с коллоидным раствором видно полосу, которая светится, узкую со стороны входа света и широкую на выходе, которая имеет форму конуса. Определение угла рассеивания света («эффект Тиндаля») проводили в плазме клюквы крупноплодной и калины обыкновенной, подлежащей центрифугированию и четырехкратному замораживанию. Через прозрачный сосуд (мерный цилиндр) с исследуемым образцом пропускали луч света и наблюдали его рассеивание. Луч имел вид треугольника, который был виден на темном фоне. Затем измеряли его длину (b) от

Таблица 1

Результаты анализа кривых замораживания растворов плазмы ягод

Вид дикорастущих ягод	$m_{\text{нав.}}, \text{г}$	$t_{\text{зам.}}, \text{°C}$	Первый диапазон температур кристаллизации воды, °C	$t_{\text{крист.}}, \text{°C}$	Массовая доля вымороженной воды, %
Клюква крупноплодная	25	-70	-1,1...-4,8	271,9	99,94
Калина обыкновенная	25	-70	-0,9...-4,1	272,1	99,92

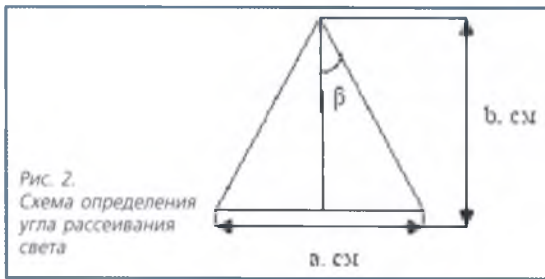
Таблица 2

Криоскопическая постоянная и средняя молярная масса растворенных веществ в растворах плазмы ягод

Вид дикорастущих ягод	Криоскопическая постоянная (k), отн. ед.	Средняя молярная масса растворенных веществ (μ), г/моль
Клюква крупноплодная	25±5	200±50
Калина обыкновенная	25±5	245±60

В табл. 1 представлены результаты анализа термограмм процесса замораживания исследуемых растворов плазмы клюквы крупноплодной и калины обыкновенной.

Криоскопическая постоянная и средняя молярная масса растворенных веществ в растворах плазмы клюквы крупноплодной и калины обыкновенной была определена с погрешностью 25–0 % (табл. 2).



вершины к любой выбранной точке и основу (*a*) (рис. 2). Помутнение плазмы может быть вызвано грубодисперсными частями плодовой ткани или растворенными в ней коллоидными частицами, вызывающих светорассеивание.



Рис. 3. Угол рассеивания света в плазме клюквы крупноплодной и калины обыкновенной

Плазма ягод представляет собой коллоидный раствор, содержащий частицы небольших размеров, в результате чего жидкость может казаться прозрачной, однако эти частицы являются не отдельными молекулами, а их скоплением. Тангенс угла рассеивания света рассчитывали по формуле:

$$tg'' = \frac{a}{2b'} \quad (5)$$

Полученные результаты (рис. 3) показывают, что угол рассеивания света в плазме калины обыкновенной несколько больше по сравнению с плазмой клюквы крупноплодной. Это, очевидно, объясняется тем, что интенсивность рассеивания света (при постоянных параметрах падающего света) зависит от числа и размера частиц, способных его рассеивать.

Экспериментально подтверждено, что цикличность замораживания одинаково влияет на значение угла рассеивания света в плазме ягод: β уменьшается с увеличением циклов замораживания. Это обусловлено тем, что после каждого последующего центрифугирования и замораживания до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ частицы, способные рассеивать свет, удаляются вместе с образованным осадком.

Проведенными исследованиями и установленными за-

кономерностями научно обоснована целесообразность использования предлагаемых криоскопических и оптических методов для анализа состава продуктов переработки из дикорастущего ягодного сырья. Криоскопическим путем определена средняя молярная масса растворенных веществ, оптическим методом – угол рассеивания света. Определенные величины могут выступать в качестве показателей для оценки качества плазмы ягод, которую целесообразно использовать в производстве полуфабрикатов для консервной и кондитерской промышленности. Предлагаемые методы связаны с решением проблемы качества разработанных замороженных продуктов переработки и имеют перспективы дальнейшего исследования и развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова, Н.Я. Заморожені плодово-овочеві продукти: проблеми формування асортименту та якості/Н.Я. Орлова, С.О. Белінська. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2005. – 336 с.
2. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов/под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: Брандес; Медицина, 1998. – С. 45–67.
3. Телеснин, Р.В. Молекулярная физика/Р. В.Телеснин. – М.: Высшая школа, 1965. – 297 с.
4. Кругляков, П.М. Физическая и коллоидная химия: учеб. пособие/П.М. Кругляков, Т.Н. Хаскова. – М.: Высшая школа, 2005. – 319 с.

Оценка качественного состава замороженных продуктов переработки дикорастущих ягод

Ключевые слова

криоскопические свойства; плазма ягод; замораживание; закон Рауля; эффект Тиндала.

Реферат

Оценка качественного состава замороженных продуктов переработки дикорастущих ягод
В статье сформулированы научные подходы по установлению качественного состава замороженных продуктов переработки дикорастущих ягод. Обобщение приведенных данных свидетельствует о том, что вещества, содержащиеся в исследуемых растворах, имеют низкую среднюю молярную массу (моно-и дисахариды, пектиновые вещества и т.п.) и тем самым вызывают незначительное смещение температурного интервала кристаллизации в сторону низких температур. Полученные данные позволили обосновать целесообразность определения криоскопических и оптических свойств ягодной плазмы.

Авторы

Одарченко Дмитрий Николаевич, канд. техн. наук, доцент, Кудряшов Андрей Игоревич, аспирант, Одарченко Николай Семенович, канд. техн. наук, профессор, Сюсель Елена Александровна, ассистент Харьковский государственный университет питания и торговли, Республика Украина, 61051, г. Харьков-51, ул. Клочковская, д. 333, laboratory119@mail.ru
Сорокопудов Владимир Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор НИУ «БелГУ», 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85, sorokopudov@bsu.edu.ru
Мячикова Нина Ивановна, канд. техн. наук, доцент Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85, myachikova@bsu.edu.ru

Evaluation of Quality of Frozen Foods of Processing of Wild Berries

Key words

cryoscopic properties, plasma of berries, freezing, Raoult's law, the Tyndall effect.

Abstracts

The quality of the frozen food processing wild berries
In this article established the scientific approaches the quality of the frozen food processing wild berries. Generalization of the data suggests that the substances contained in the solutions have a lower average molar mass (mono- and disaccharides, pectin, etc.) and thus cause a slight shift in the crystallization temperature range to lower temperatures. These data can justify cryoscopic determination and optical properties of berry plasma.

Authors

Odarchenko Dmitriy Nikolaevich, Candidate of Technical Science, Docent, Kudryashov Andrey Iгореvich, Graduate Student, Odarchenko Nikolay Semyonovich, Candidate of Technical Science, Professor, Syusel Elena Alexandrovna, Assistant Kharkiv State University of Food Technology and Trade, 333, Klochkovskaya St., Kharkiv-51, Ukrain laboratory119@mail.ru
Sorokopudov Vladimir Nikolaevich, Doctor of Agricultural Science, Professor SRO «BelGU», 85, Pobedy St., Belgorod, 308015, sorokopudov@bsu.edu.ru
Myachikova Nina Ivanovna, канд Candidate of Technical Science, Docent Belgorod State National Research University, 85, Pobedy St., Belgorod, 308015, myachikova@bsu.edu.ru