

## **Влияние активности воды на естественную убыль массы плодово-ягодной продукции при холодильном хранении**

Н. Н. Калацевич, С. В. Мурашев

s.murashev@mail.ru, nadineka86@mail.ru

*Институт холода и биотехнологий*

В. Г. Вержук

*Всероссийский научно исследовательский институт растениеводства им.  
Н.И. Вавилова*

*Естественная убыль при хранении большой массы растительной продукции влечет ощутимые материальные потери. Наряду с совершенствованием режимов хранения перспективным методом уменьшения естественной убыли является прогнозирование потерь растительного сырья при холодильном хранении. По результатам диагностики на холодильное хранение закладывается растительное сырье способное храниться в течение длительного срока с минимальными потерями, а остальная продукция подлежит реализации или переработке.*

*Ошибка в прогнозировании при хранении большой массы растительной продукции вызовет значительные потери. В связи с этим особое внимание следует обратить на достоверность и надежность методов прогнозирования.*

*В данной работе с целью диагностики используется показатель активности воды в образцах растительной продукции. Активность воды определяется двумя методами: рассчитывается по криоскопической температуре и определяется на анализаторе. Сопоставление результатов, полученных этими методами, позволяет сделать выводы о достоверности прогнозирования на основе использования данного показателя.*

Ключевые слова: плодовые и ягодные культуры, холодильное хранение, естественная убыль массы, прогнозирование, криоскопическая температура, активность воды.

## **The influence of water activity on natural decrease of the mass of fruit and berries during cold storage**

N.N. Kalatsevich, S.V. Murashev

**s.murashev@mail.ru, nadineka86@mail.ru**

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

V.G. Verzhuk

N.I. Vavilov Institute of Plant Industry

*Natural decrease of the mass of fruit and berries during cold storage means a lot of financial decrease. The prediction of the amount of plant natural decrease during its cold storage is a very good method to minimize financial losses. According to this method only products with good characteristics are stored. Other plant products are sold.*

*In this case we have deal with enormous quantities of products. Because of this the accuracy of these methods is very important.*

*In this work the index of water activity in plant products is used with the purpose of prediction. Water activity is calculated through the crioscopic temperature and measured by the analisator. The comparison of the results, which were got with the help of different methods lets us make a conclusion about the accuracy of the results which are used for the prediction of cold storage.*

Key words: fruit and berries, cold storage, natural decrease of the mass, prediction, crioscopic temperature, water activity.

При производстве растительного сырья, его транспортировке и хранении особенно большое значение имеют получение и сохранность

высокой пищевой ценности и товарного вида продукции. Сезонность производства, значительные потери при перевозке и хранении делают проблему сохранности продуктов питания растительного происхождения особенно актуальной, не смотря на достигнутые в этом направлении успехи.

Резервом уменьшения всех видов потерь является внедрение методов диагностики растительного сырья. Это позволит делать предварительные выводы о способности поступающей на хранение растительной продукции к длительному хранению с наименьшими потерями. Остальную продукцию необходимо направлять на реализацию или в переработку. Верное распределение сырья в соответствии с его свойствами позволит уменьшить показатели потерь и обеспечить снабжение высококачественными растительными продуктами питания и продуктами их переработки.

В данной работе исследуется использование для диагностики растительного сырья и прогнозирования его сохранности такого показателя как активность воды ( $a_w$ ) в растительных тканях.

Надежность и достоверность прогнозирования имеет особенно большое значение. В связи с этим проводится сопоставление величин  $a_w$ , полученных двумя методами: путем расчета на основании определения криоскопической температуры и определения активности воды на приборе.

#### Объекты и методы исследования

Значения активности воды в растительном сырье определялись на приборе «HygroLab 3». С этой целью для измерений использовались как целые, так и измельченные ягоды и части плодов. Такой подход позволяет оценить влияние целостной клеточной структуры растительных тканей и неповрежденных покровных тканей на величину  $a_w$ .

Определение  $a_w$  осуществлялось также методом расчета, в котором используется криоскопическая температура растительной ткани. Криоскопическую температуру растительных тканей определяли по

термограммам понижения температуры. Для более детального анализа процесса замораживания и определения криоскопической температуры, термограммы дифференцировали по времени для получения зависимостей скорости охлаждения растительной ткани от времени.

Значения криоскопической температуры использовали для расчета  $a_w$ . Известно несколько уравнений, описывающих взаимосвязь активности воды и криоскопической температуры [1, 2, 3, 4, 5]. Они получены на основании термодинамического анализа процесса кристаллизации влаги в пищевых продуктах. В нашей работе использовано уравнение, справедливое для пищевых продуктов и сырья, содержащих в своей структуре воду в виде раствора, т.е. для высоко влажных пищевых продуктов с  $a_w \geq 0,900$ :

$$\lg A = 1,152 - 314,7 \cdot \left( \frac{1}{T_3 + 273,15} \right), \quad (1)$$

где:  $T_3$  – криоскопическая температура (температура начала замерзания) пищевого продукта, °C.

Исследования проводились на следующих видах растительного сырья: плодах груши (с. Чижовская), рябины (с. Бурка и с. Бусинка), облепихи (с. Обильная) и ягодах жимолости (с. Голубое веретено). Физиологические потери массы плодов и ягод при холодильном хранении, связанные с жизнедеятельностью, определяли весовым методом, а их хранение осуществляли при температуре в диапазоне +1...+3 °C. Криоскопическая температура и  $a_w$  определялись при закладке продуктов урожая на холодильное хранение. Все исследования проводили в 3-х кратной повторности.

### Результаты и их обсуждение

На термограммах понижения температуры растительных тканей выделяются три характерных участка: на первом участке происходит охлаждение и переохлаждение растительных тканей, далее следует

изотермическая площадка, ордината которой соответствует криоскопической температуре. На заключительном этапе температура вновь понижается [6]. Такой вид термограммы характерен для растительных тканей плодов рябины, представленный на рис. 1. Однако переохлаждение происходит не всегда. При понижении температуры растительных тканей плодов облепихи переохлаждение не наблюдается (рис. 2). Наличие или отсутствие переохлаждения при одинаковой скорости понижения температуры, по-видимому, связано с различными условиями образования центров кристаллизации в рябине и облепихе.

Дифференцированием термограмм, примеры которых представлены на рис. 1 и 2, по времени получены зависимости для скорости изменения температуры растительной ткани от времени. Характерные примеры дифференцирования представлены на рис. 3 и 4. Нулевая скорость изменения температуры соответствует промежутку времени, в течение которого температура растительных тканей равна криоскопической температуре.

Сопоставление термограмм понижения температуры и результатов их дифференцирования (примеры на рис. 1, 2 и рис. 3, 4) позволяют получить более точную локализацию временного интервала, в течение которого наблюдается криоскопическая температура для каждого вида растительного сырья. Полученные, таким образом, значения криоскопической температуры для некоторых видов плодов и ягод и соответствующие им величины физиологической убыли массы в течение холодильного хранения представлены в табл. 1.

Сравнивая значения криоскопической температуры и естественных потерь массы плодов и ягод при холодильном хранении можно сделать вывод, что уменьшению потерь массы при хранении соответствует более низкое значение криоскопической температуры их растительной ткани.

Результаты определения криоскопической температуры использованы для расчета активности воды по формуле (1), которые приведены в табл. 2. Наряду с расчетным методом на основе использования криоскопической температуры,  $a_w$  определялась на лабораторном анализаторе. Значения  $a_w$  для плодов и ягод, полученные на анализаторе также приведены в табл. 2.

Данные представленные в табл. 2 использованы для построения графических зависимостей естественной убыли массы плодов и ягод во время холодильного хранения от активности воды. Соответствующие графические зависимости приведены на рис. 5, 6 и 7. На графиках представлены зависимости, полученные как для целых ягод и не измельченных частей плодов, так и измельченных растительных тканей.

Зависимости представленные на рис. 5 – 7 носят однотипный не линейный характер: с ростом активности воды увеличивается естественная убыль плодово-ягодного сырья. Причем характер зависимостей сохраняется независимо от метода определения  $a_w$  и от состояния тканей – целого или измельченного. Следовательно, полученная закономерность изменения физиологических потерь при хранении от значений  $a_w$  может быть использована для диагностики растительного сырья с целью прогнозирования потерь. Для длительного хранения пригодно растительное сырье с минимальными значениями  $a_w$ . С увеличением значений  $a_w$  сырье становится пригодным для кратковременного хранения, переработки или реализации. Характер полученных зависимостей может быть обусловлен изменением состояния воды в растительном сырье.

Увеличение физиологических потерь массы растительного сырья при хранении с ростом активности воды происходит вследствие увеличения испарения воды из растительного сырья в связи с увеличением содержания слабо связанной и свободной воды в растительных тканях. На это и указывает рост потерь при увеличении значения активности воды. Учитывая, что на испарение воды приходится около 80% и даже более от общего

количества естественных потерь, то изменение состояния воды в растительных тканях оказывает решающее влияние на убыль массы при хранении.

Наиболее близкое совпадение между зависимостями, приведенными на рис. 5 – 7 наблюдается в том случае, если используемые для измерения криоскопической температуры, с одной стороны, и  $a_w$  на анализаторе, с другой, растительные ткани находятся в одном дисперсном состоянии. Из представленных графических зависимостей лучшее совпадение наблюдается между измельченными растительными тканями, использованными для определения криоскопической температуры и последующего расчета  $a_w$  и определения этого параметра на анализаторе, чем между целыми и измельченными тканями, использованными для измерения  $a_w$  только на анализаторе.

Преобладающее влияние дисперсного состояния тканей при определении значений  $a_w$  различными методами подтверждается результатами математической обработки зависимостей представленных на рис. 5 – 7, которые приведены в табл. 3. Величина  $R^2$  возрастает при переходе от зависимостей, полученных разными методами, но при одном дисперсном состоянии растительного материала, к зависимостям, полученным одним методом, но для целого и измельченного состояния.

Хорошая сходимость результатов полученных двумя разными методами указывает на их достоверность и возможность использования любого из них в практических целях. При этом, однако, следует иметь в виду, что измерения  $a_w$  на анализаторе, возможно, могут быть связаны с погрешностью дополнительно вносимой легко летучими ароматическими веществами, содержащимися в плодах и ягодах.

Анализ результатов измерений  $a_w$ , полученных с помощью лабораторного анализатора для растительного материала, находящегося в

целом и измельченном состоянии тканей, позволил сделать вывод о том, что при одних и тех же величинах естественной убыли значения активности воды в случае использования для измерений целых ягод и не измельченных частей плодов смещаются в область меньших величин  $a_w$ , по сравнению с использованием для измерений измельченного растительного сырья. Указанное смещение может быть объяснено препятствием, которое оказывают покровные ткани и клеточная структура растительного сырья для испарения воды. Вследствие чего и происходит смещение. Сдвиг значений  $a_w$  в область меньших значений может быть использован для характеристики проницаемости для воды структур растительного сырья, препятствующих ее испарению.

### Выводы

Показано, что с увеличением активности воды в растительном материале увеличиваются естественные потери массы сырья при холодильном хранении. Этот характер закономерности сохраняется, независимо от того, в каком состоянии для измерения активности воды используется растительное сырье – целом или измельченном. Для ягод и плодов, взятых для измерения в измельченном состоянии наблюдается сдвиг значений  $a_w$  в область более высоких величин, по сравнению с целыми ягодами и частями плодов.

Полученную закономерность зависимости естественной убыли от активности воды можно использовать для прогнозирования потерь растительной продукции при хранении. Установлено, что определение  $a_w$  путем расчета на основании определения криоскопической температуры и определение  $a_w$  на анализаторе позволяют получить идентичные результаты, что свидетельствует о достоверности данного метода прогнозирования потерь. По смещению  $a_w$  при гомогенизации растительной ткани ягод и плодов можно оценить проницаемость для воды неповрежденной клеточной структуры и покровных тканей.





Рис. 1. Термограмма изменения температуры ягод рябины (сорт Бусинка).

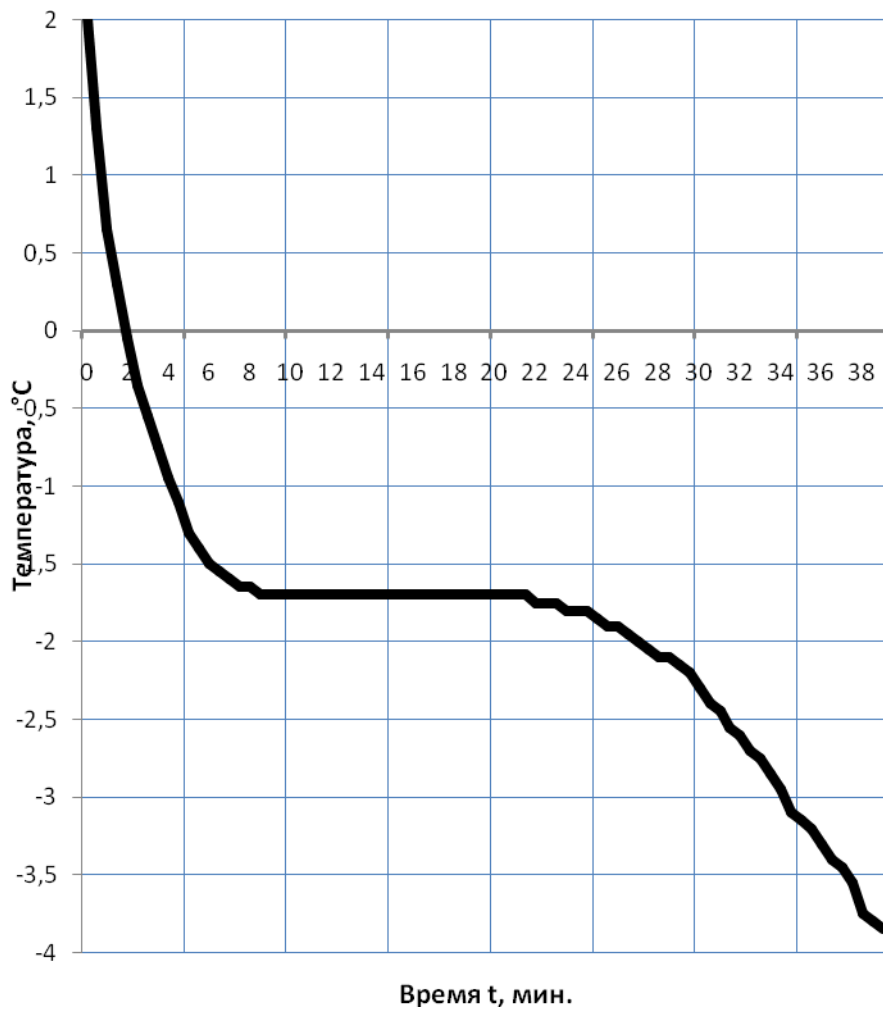


Рис. 2. Термограмма изменения температуры плодов жимолости (сорт Голубое веретено).

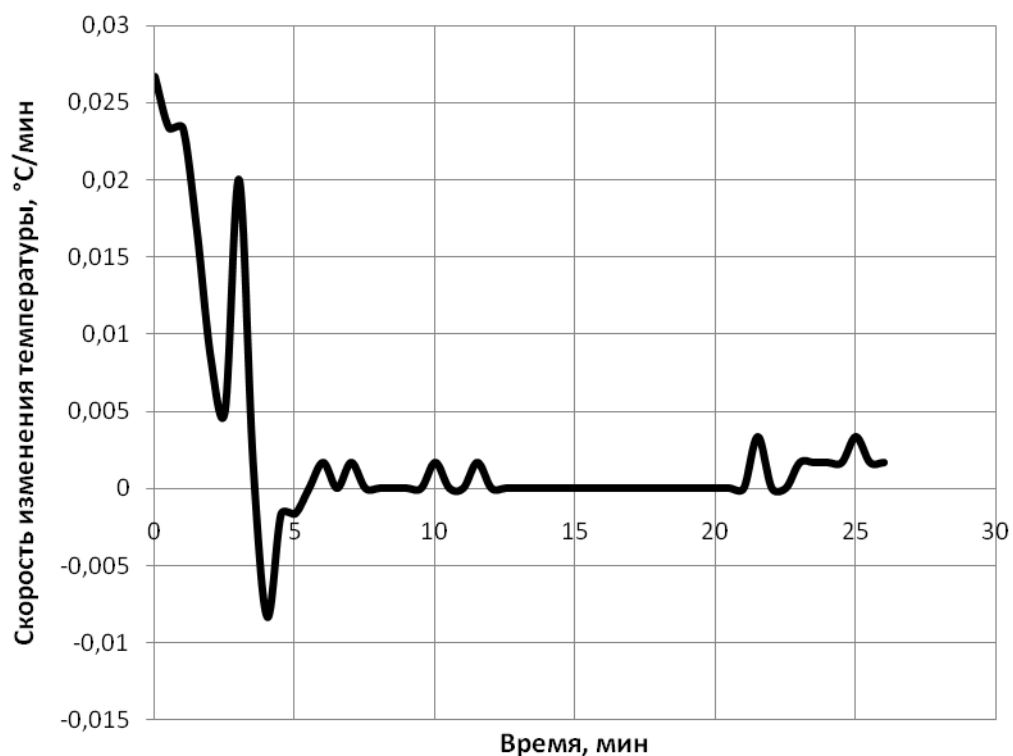


Рис. 3. Зависимость скорости изменения температуры ягод рябины (сорт Бусинка) от времени.

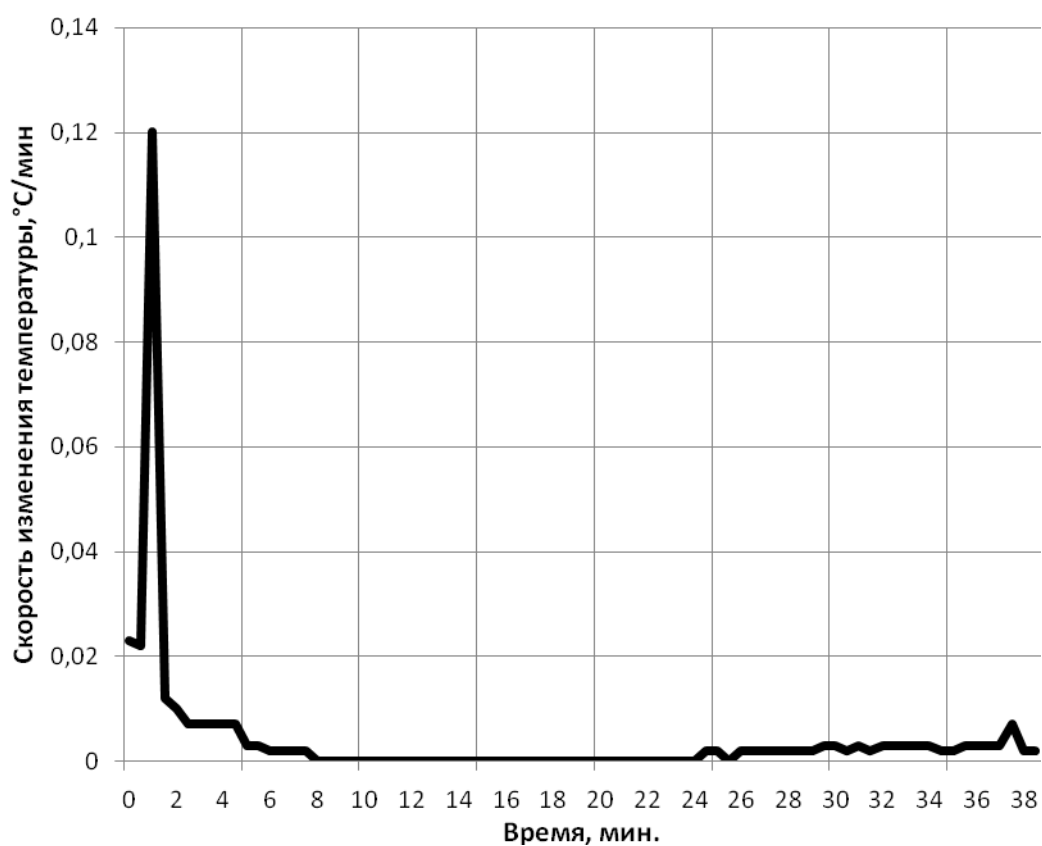


Рис. 4. Зависимость скорости изменения температуры ягод жимолости (сорт Голубое веретено) от времени.

Таблица 1.

Криоскопическая температура и естественная убыль различных видов растительного сырья

<i>Вид растительного сырья</i>	<i>Криоскопическая температура, °С</i>	<i>Естественная убыль, г/кг*сут.</i>
<b>Груша</b>		
Образец 1	-1,60	1,29
Образец 2	-1,30	1,52
Образец 3	-2,90	0,977
Образец 4	-1,45	1,29
<b>Рябина, сорт Бурка</b>		
Образец 1	-1,50	5,12
Образец 2	-1,20	4,34
Образец 3	-2,20	4,00
Образец 4	-1,60	4,25
<b>Рябина, сорт Бусинка</b>		
Образец 1	-2,30	1,76
Образец 2	-2,50	1,43
Образец 3	-2,35	1,56
Образец 4	-3,20	1,37
<b>Жимолость, сорт Голубое веретено</b>		
Образец 1	-1,30	14,4
Образец 2	-1,50	11,5
Образец 3	-1,40	11,9
Образец 4	-1,10	13,7

Таблица 2.

Активность воды и естественная убыль различных видов растительного сырья

<i>Вид растительного сырья</i>	<i>Естественная убыль, г/кг*сут.</i>	<i>Активность воды, рассчитанная из криоскопической температуры</i>	<i>Активность воды, определенная на анализаторе</i>	
			<i>Целые ягоды</i>	<i>Размолотые ягоды</i>
<b>Груша, сорт Чижовская</b>				
Образец 0	1,29	0,969	0,967	0,971
Образец 1	1,52	0,975	0,971	0,974
Образец 2	0,977	0,952	0,948	0,953
Образец 3	1,29	0,972	0,970	0,973
<b>Рябина, сорт Бурка</b>				
Образец 0	5,12	0,978	0,974	0,979
Образец 1	4,34	0,970	0,966	0,969
Образец 2	4,00	0,952	0,952	0,956
Образец 3	4,25	0,969	0,964	0,966
<b>Рябина, сорт Бусинка</b>				
Образец 0	1,76	0,953	0,948	0,954
Образец 1	1,43	0,952	0,945	0,952
Образец 2	1,56	0,948	0,946	0,950
Образец 3	1,37	0,946	0,943	0,948

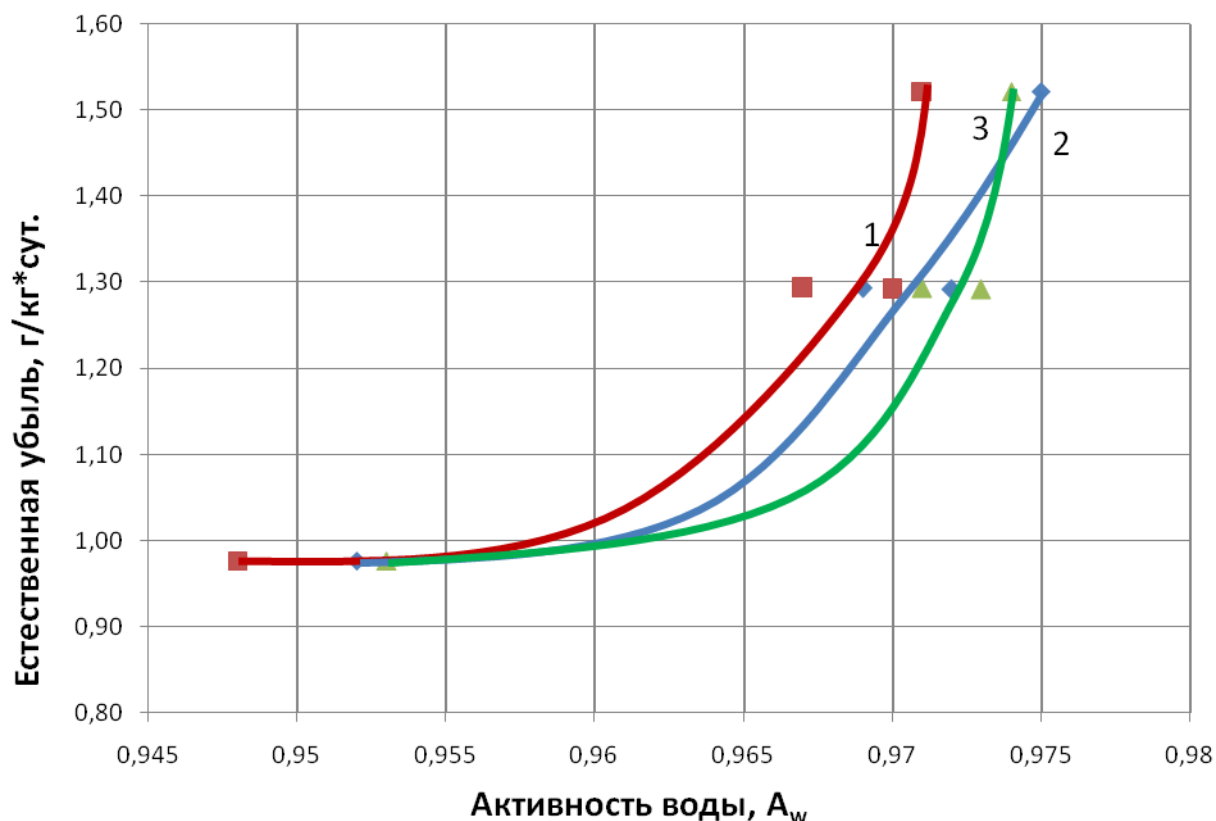


Рис. 5. Зависимость естественной убыли плодов груши от активности воды ( $a_w$ ), измеренной различными способами: 1 – измерения на анализаторе для целых образцов растительной ткани, 2 – расчет на основании определения криоскопической температуры, 3 – измерения на анализаторе для размолотых образцов растительной ткани.

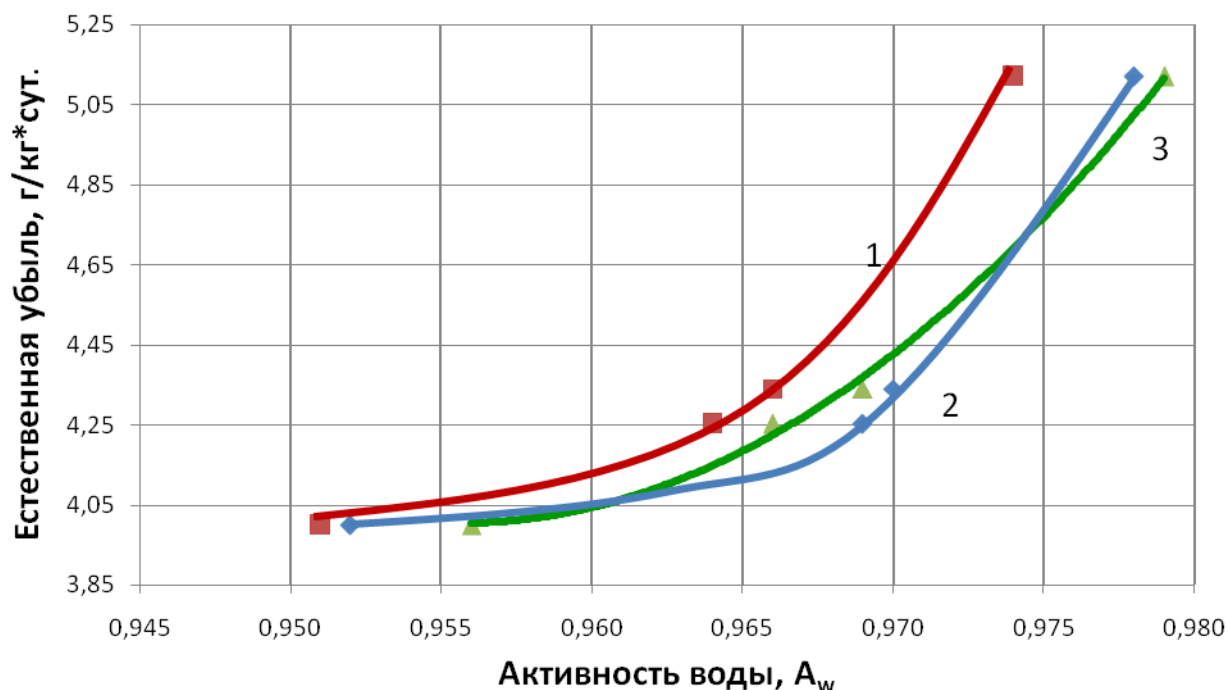


Рис. 6. Зависимость естественной убыли ягод рябины сорта Бурка от активности воды ( $a_w$ ), измеренной различными способами: 1 – измерения на

анализаторе для целых образцов, 2 – расчет на основании определения криоскопической температуры, 3 – измерения на анализаторе для размолотых образцов.

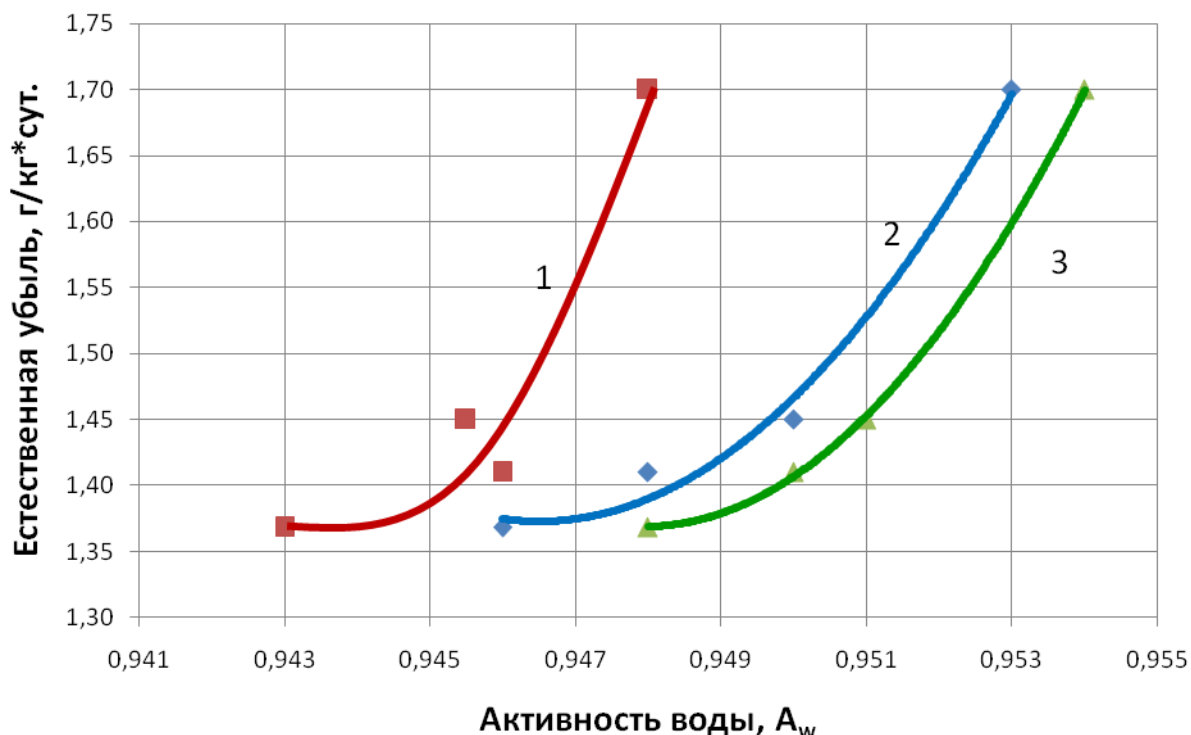


Рис. 7. Зависимость естественной убыли ягод рябины сорта Бусинка от активности воды ( $a_w$ ), измеренной различными способами: 1 – измерения на анализаторе для целых образцов, 2 – расчет на основании определения криоскопической температуры, 3 – измерения на анализаторе для размолотых образцов.

Таблица 3

Математическая обработка зависимостей представленных на рис. 5 – 7

<b>Вид растительного сырья</b>	<b><math>R^2</math> для точек принадлежащих зависимостям 1* и 2**</b>	<b><math>R^2</math> для точек принадлежащих зависимостям 2** и 3***</b>
<b>Груша</b>	0,957	0,984
<b>Рябина, сорт Бурка</b>	0,949	0,975
<b>Рябина, сорт Бусинка</b>	0,547	0,900
<b>Жимолость</b>	0,626	0,772

\* – зависимость, построенная на основании измерений на анализаторе для целых образцов растительного материала;

\*\* – зависимость, полученная расчетным методом по криоскопической температуре;

\*\*\* – зависимость, построенная на основании измерений на анализаторе для размолотых образцов растительного материала.

### **Список литературы:**

1. Вода в пищевых продуктах. /Под ред. Р.Б. Дакуорта; Пер. с англ. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 374 с.
2. Здановский А.Б. Расчет температур замерзания растворов по активности воды. – Физическая химия, 1977, т. 51, вып. 9.
3. Значения показателя «активность воды» в оценке сельскохозяйственного сырья: Обзорная информация / И.А. Рогов, У.Ч. Чоманов, А.М. Бражников и др. – М.: АгроНИИТЭИММП, сер. Мясная промышленность, 1987. – 44 с.
4. Кулагин В.Н. Изменение активности воды как показателя качества продуктов при термообработке // «Мясная индустрия СССР», 1982 г, № 3. – С. 31 – 33.
5. Юзов С.Г. Определение активности воды в высоковлажных пищевых продуктах по криоскопической температуре. // Всё о мясе, № 1, 2009. – С. 29 – 32.
6. Белоус А.М., Гордиенко Е.М., Розанов Л.Ф. Замораживание и криопротекция. – М.: Высшая школа, 1987. – 80 с.