

УДК 634.8. 631 (470.67)

Влияние температуры замораживания, массы ягод и массовой концентрации сахаров на скорость замораживания винограда

Канд. с.-х. наук М.Д. МУКАИЛОВ

Дагестанская государственная сельскохозяйственная академия

Results of investigations on the influence of the freezing temperature, mass of the berries and mass concentration of sugars on freezing rate of grapes have been analyzed. It has been established that the intensity of decrease of berries temperature depends on the variety and size of berries. The dependence between freezing time on the mass of berries and concentration of sugars in fresh juice of berries has been found. By the method of multiple correlation it has been revealed, that freezing time to a more extent depends upon the mass of berries, than on the mass concentration of sugars.

Качество замороженного продукта в значительной степени зависит от скорости замораживания. Она, в свою очередь, зависит от ряда физических факторов, среди которых большое значение имеют температура, влажность, форма продукта, характер его поверхности, теплопроводность и др. [4].

Одним из основных принципов холодильной технологии является быстрое прохождение температурного предела – от кристаллизации до $-5...-10$ °С, так как в этот период наблюдаются наиболее интенсивные физико-химические изменения. При интенсивном замораживании (в криогенных жидкостях) минимально разрушаются клетки вследствие образования более мелких кристаллов льда, не успевают произойти ферментативные изменения, приводящие к ухудшению пищевых, вкусоароматических показателей и содержания биологически ценных компонентов. На скорость снижения температуры в продукте при замораживании значительное влияние оказывают анатомо-морфологическое строение тканей, химический состав, размер плодов и ягод и другие технокимические особенности.

В связи с этим представляет интерес изучение интенсивности снижения температуры ягод винограда различных сортов при замораживании различными способами.

Температуру ягоды винограда определяли с помощью измерителя температуры ИТ-1 в свежем виде и после погружения в жидкий азот: фиксировали время снижения температуры в центре ягоды до 0 °С (криоскопическая температура воды) и -18 °С (конечная температура замораживания).

Установлено, что интенсивность снижения температуры внутри ягоды при замораживании жидким азотом в значительной мере зависит от сорта винограда. Начальная температура ягод была в среднем 22 °С. Среди исследуемых образцов наибольшее время снижения температуры с комнатной до 0 °С и -18 °С было у сорта Космонавт – до 0 °С – 90 с, до -18 °С – 155 с. У сорта Яловенский устойчивый время снижения температуры

до 0 °С составило 85 с, до -18 °С – 140 с. Быстрее всего температуры замораживания достигали сорта Памяти Негруля (30 с до 0 °С и 75 с до -18 °С), Декабрьский (30 и 80 с), Мускат гамбургский (40 и 95 с), Муромец (35 и 80 с соответственно). Необходимо отметить, что наибольшее время изменения температуры установлено у сортов, имеющих более крупные ягоды (табл.1).

По данным Э. Алмаши и др. [1], продукты, имеющие начальную температуру 21 °С, замораживаются до -18 °С за 1...5 мин в зависимости от их размеров. Тела цилиндрической формы в 2 раза быстрее замораживаются, чем прямоугольной формы, а сферической формы – в 3 раза быстрее. В наших исследованиях время на замораживание ягод винограда в зависимости от сорта варьировала от 75 с до 155 с.

Таблица 1
Время снижения температуры ягод винограда при замораживании в жидком азоте ($t = -196$ °С)

№ п/п	Сорт	Средняя масса ягоды, г	Время, с		Отношение времени охлаждения ко времени замораживания
			охлаждения ягод до 0 °С	замораживания ягод до -18 °С	
1	Агдаи	4,1	60	110	0,55
2	Декабрьский	2,6	30	80	0,38
3	Космонавт	7,0	90	155	0,58
4	Кутузовский	4,1	60	110	0,55
5	Лоза горянки	3,8	35	80	0,44
6	Молдова	3,9	50	90	0,56
7	Муромец	3,8	35	80	0,44
8	Мускат гамбургский	3,0	40	95	0,42
9	Памяти Негруля	2,2	30	75	0,40
10	Смуглянка молдавская	4,4	70	120	0,58
11	Юбилей Журавля	3,9	50	90	0,56
12	Яловенский устойчивый	6,2	85	140	0,61

При традиционной технологии замораживания при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ время заморозки составляет 2,5 ч и выше [3]. В процессе замораживания обычно выделяют три диапазона температур в центре продукта: $20\dots 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\dots -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-5\dots -18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При применении сверхбыстрого замораживания с применением жидкого азота форсируются все три этапа этого процесса, но особенно быстро осуществляется переход из жидкой фазы в твердую при криоскопической температуре в диапазоне $0\dots -5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При медленном замораживании период замораживания от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ значительно дольше, чем период охлаждения от 20 до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В наших исследованиях при сверхбыстром замораживании за счет интенсификации всех трех этапов период охлаждения почти равен периоду замораживания. Отношение времени охлаждения к собственно замораживанию составило от 0,38 у сорта Декабрьский до 0,61 у сорта Яловенский устойчивый.

Точный прогноз продолжительности замораживания пищевых продуктов представляет определенные трудности, так как этот процесс зависит от многих условий. Особый интерес представляет изучение влияния массы ягод винограда и массовой доли растворимых сухих веществ на продолжительность замораживания.

В настоящее время не существует надежной теории о влиянии растворенных веществ на скорость процессов замораживания. По-видимому, это влияние определяется двумя противоположными факторами:

- с одной стороны, чем выше концентрация раство-

ренных веществ, тем меньше влаги реально вымерзнет при данной температуре. Следовательно, с ростом их концентрации уменьшаются приведенная теплота фазового перехода и время замораживания;

- с другой стороны, чем больше не вымерзло влаги, тем меньше теплопроводность замерзшего слоя, а следовательно, больше время замораживания.

По данным М.И. Кременевской [2], в процессе быстрого замораживания, когда скорость продвижения фронта замораживания намного больше скорости диффузии, наличие растворенных веществ с концентрацией до 700 г/л не будет оказывать существенного влияния на время замораживания, так как два указанных фактора приблизительно уравниваются друг друга. Для установления доли влияния концентрации сахаров в соке ягод и массы ягод на продолжительность замораживания был поставлен эксперимент. Как свидетельствуют результаты исследований (табл.2), продолжительность периода замораживания в большей степени определяется массой ягод, чем массовой концентрацией сахаров.

С целью определения зависимости продолжительности замораживания (результативного признака) от массы ягод и концентрации сахаров в соке ягод (факториальные признаки) нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ полученных данных.

В нашем случае переменная Y (функция) зависит от двух независимых переменных – X (массовая концентрация сахаров в соке ягод) и Z (массы ягод).

Прежде чем определить коэффициент множественной корреляции, отражающий силу связи между этими

Таблица 2

Влияние массовой концентрации сахаров и массы ягод на продолжительность замораживания ($t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$)

№ ягод	Масса ягод, г (Z)	Массовая концентрация сахаров, г/100 см ³ (X)	Продолжительность замораживания, мин (Y)	№ ягод	Масса ягод, г (Z)	Массовая концентрация сахаров, г/100 см ³ (X)	Продолжительность замораживания, мин (Y)
1	1,26	16,4	58	11	3,98	12,4	88
2	1,48	16,2	62	12	4,03	13,8	92
3	1,89	12,7	51	13	4,07	12,5	98
4	2,18	13,8	64	14	4,25	13,8	99
5	2,46	15,2	72	15	4,45	13,9	102
6	2,64	15,2	77	16	4,50	14,2	88
7	2,93	12,9	72	17	4,60	14,8	100
8	3,25	15,5	80	18	4,75	14,9	103
9	3,75	13,8	86	19	4,80	13,3	91
10	3,91	12,1	78	20	4,90	13,6	98

тремя показателями, мы установили парные коэффициенты. Так, парный коэффициент корреляции r_{xy} , отражающий влияние содержания сахаров в соке ягод X на продолжительность замораживания Y , равен $r_{xy} = -0,21$. Это свидетельствует о слабой связи между данными показателями и направление связи обратное.

Парный коэффициент корреляции r_{zy} , выявляющий зависимость между массой ягод Z и продолжительность замораживания Y , равен $r_{zy} = 0,93$. В данном случае теснота связи сильная, направление прямое.

Парный коэффициент корреляции r_{xz} , показывающий взаимосвязь между сахаристостью X и массой ягод Y , равен $r_{xz} = -0,42$, что свидетельствует о средней тесноте связи при обратном направлении.

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,95$, т.е. связь сильная.

Для установления достоверности полученных результатов вычислили критерий Фишера (F_{ϕ}): $F_{\phi} = 82,82$, а $F_{\tau 0,95} = 3,59$, где $F_{\tau 0,95}$ – критическое значение критерия. Так как $F_{\phi} > F_{\tau}$, то связь между этими показателями достоверная.

Математическое уравнение для прямолинейной зависимости между тремя переменными имеет общий вид

$$Y = a + b_1X + b_2Z,$$

где a, b_1, b_2 – коэффициенты.

В наших исследованиях уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$Y = 2,7X + 13,86Z - 3,5.$$

Коэффициент $b_1 = 2,7$ показывает, что на такую величину увеличивается Y (продолжительность замораживания) при каждом увеличении на единицу X (массовая концентрация сахаров) при постоянном Z (масса ягод). Коэффициент $b_2 = 13,86$ указывает, что на такую величину увеличивается Y при увеличении на одну единицу Z при постоянном значении X .

Таким образом, установлено, что между массовой концентрацией сахаров в соке ягод, массой ягод и скоростью замораживания существует сильная и достоверная связь на самых высоких уровнях вероятности, математическим ожиданием которой является уравнение вида

$$Y = 2,7X + 13,87Z - 3,5.$$

При этом продолжительность периода замораживания в большей степени зависит от массы ягод, чем от массовой концентрации сахаров, т.е. чем больше масса ягоды, тем дольше идет процесс замораживания.

Список литературы

1. Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981.
2. Кременевская М.И. Разработка интенсивных технологий быстрого замораживания лесных и садовых ягод : Автореф. дис.... канд. техн. наук. – СПб, 2000.
3. Толмачев И.П. Производство быстрозамороженных продуктов //Холодильный бизнес. 2001. № 1.
4. G.Succar; K.-J.Hayakawa Parametric analysis for predicting freezing time of infinitely slab shaped food // J. Food Sci.-1984. – V.46, № 2.