

**МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОВ МЕЛКОПЛОДНЫХ ЯБЛОНЬ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ХРАНЕНИЯ**

Разработана модель и методика изменения физико-химических показателей мелкоплодных яблок для проведения исследований замороженного сырья и прогнозирования оптимальной температуры, предельного срока хранения, обеспечивающих качество продукта.

Ключевые слова: мелкоплодные яблоки, замораживание, сроки хранения.

N.N. Tipsina, D.A. Koch

**THE PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATOR CHANGE MODEL OF SMALL-FRUITED APPLE-TREE FRUITS
DEPENDING ON THE STORAGE PERIOD**

The physical and chemical indicator change model and technique for small-fruited apples in order to carry out research on the frozen raw materials and optimum temperature and the storage deadline forecasting that provide the product quality are developed.

Key words: small-fruit apples, freezing, storage periods.

При использовании местного сырья следует учитывать, что условия Сибири и Севера характеризуются специфичностью состава почвы, воды, воздуха, своеобразием биохимических процессов. Красноярский край, как и многие районы Сибири, отличается особыми климатическими условиями. Бурное развитие в этих районах промышленности значительно изменило экологическую обстановку. В этих условиях приобретает огромное значение комплекс мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения. В условиях Сибири значительные трудности представляет круглогодичное обеспечение населения фруктами и изделиями из них. Большую роль в решении этой проблемы представляет местная сырьевая база [1, 2].

Изучению этих вопросов до сих пор не уделялось должного внимания. Поэтому разработка научно обоснованной технологии получения полуфабриката из замороженных плодов мелкоплодных яблонь Красноярского края приобретает в настоящее время особую актуальность.

Цель работы: разработать модель изменения физико-химических показателей мелкоплодных яблок и методику ее применения для проведения исследований замороженного сырья и прогнозирования оптимальной температуры, предельного срока хранения, обеспечивающих качество продукта.

Модель изменения физико-химических показателей замороженных мелкоплодных яблок в зависимости от срока хранения (мес.) и температуры хранения ($^{\circ}\text{C}$) включает в себя оценки плодов сорта Добрыня по содержанию сухих веществ (%) и общего сахара (%), титруемой кислотности (%), содержанию пектиновых веществ (%) и витамина С (мг/100г).

Оценка содержания сухих веществ в плодах сорта Добрыня (y_1 , %) представлена следующей зависимостью (рис. 1):

$$y_1 = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \frac{b_2}{x_2} + b_3 \cdot x_1^2 + \frac{b_4}{x_2^2} + b_5 \cdot \frac{x_1}{x_2} + b_6 \cdot x_1^3 + \frac{b_7}{x_2^3} + b_8 \cdot \frac{x_1}{x_2^2} + b_9 \cdot \frac{x_1^2}{x_2},$$

где x_1 – срок хранения, мес.; x_2 – температура хранения, $^{\circ}\text{C}$; $b_0=21,306$, $b_1=0,422$, $b_2=-45,070$, $b_3=-0,109$, $b_4=827,965$, $b_5=1,427$, $b_6=0,006$, $b_7=-4893,942$, $b_8=-50,154$, $b_9=0,638$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации 98,74 %, относительная погрешность 4,40 %.

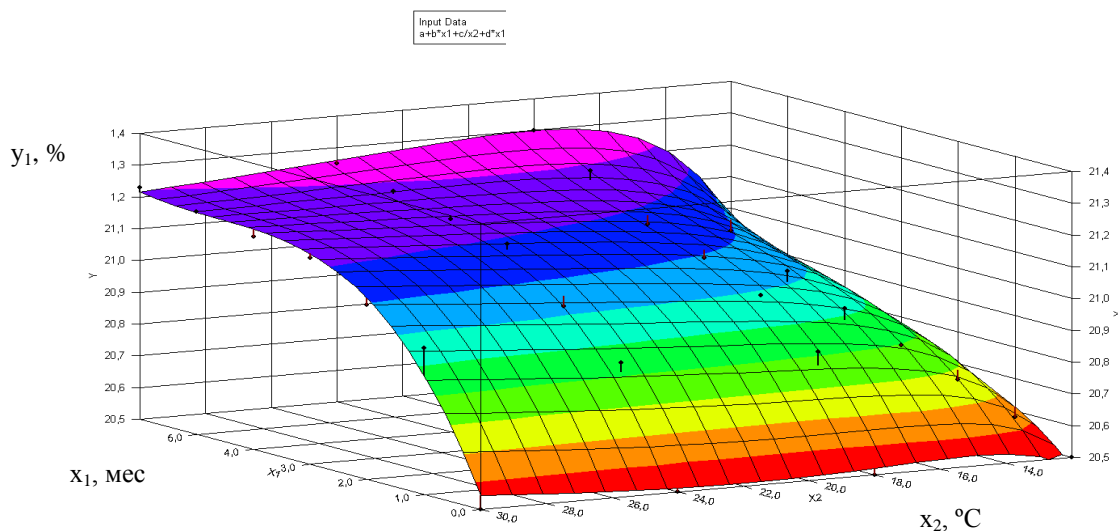


Рис. 1. Зависимость содержания сухих веществ в плодах сорта Добрыня

Оценка содержания общего сахара в плодах сорта Добрыня (y_2 , %) представлена следующей зависимостью (рис. 2):

$$y_2 = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \frac{b_2}{x_2} + b_3 \cdot x_1^2 + \frac{b_4}{x_2^2} + b_5 \cdot \frac{x_1}{x_2} + b_6 \cdot x_1^3 + \frac{b_7}{x_2^3} + b_8 \cdot \frac{x_1}{x_2^2} + b_9 \cdot \frac{x_1^2}{x_2},$$

где x_1 – срок хранения, мес.; x_2 – температура хранения, °C; $b_0=10,371$, $b_1=-0,450$, $b_2=-133,719$, $b_3=-0,001$, $b_4=2579,214$, $b_5=15,889$, $b_6=0,001$, $b_7=-15292,800$, $b_8=-166,446$, $b_9=-0,159$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации 98,08 %, относительная погрешность 4,35 %.

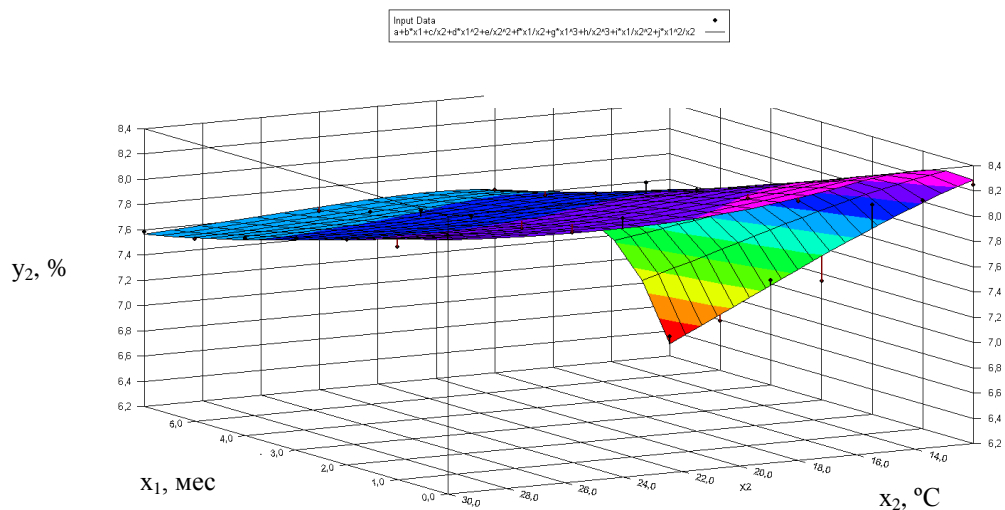


Рис. 2. Зависимость содержания общего сахара в плодах сорта Добрыня

Оценка титруемой кислотности в плодах сорта Добрыня (y_3 , град) представлена следующей зависимостью (рис. 3):

$$y_3 = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \frac{b_2}{x_2} + b_3 \cdot x_1^2 + \frac{b_4}{x_2^2} + b_5 \cdot \frac{x_1}{x_2} + b_6 \cdot x_1^3 + \frac{b_7}{x_2^3} + b_8 \cdot \frac{x_1}{x_2^2} + b_9 \cdot \frac{x_1^2}{x_2},$$

где x_1 – срок хранения, мес.; x_2 – температура хранения, °C; $b_0=-0,500$, $b_1=0,365$, $b_2=139,849$, $b_3=-0,020$, $b_4=-2521,420$, $b_5=-11,111$, $b_6=0,001$, $b_7=14274,514$, $b_8=111,781$, $b_9=0,215$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации 98,53 %, относительная погрешность 4,89 %.

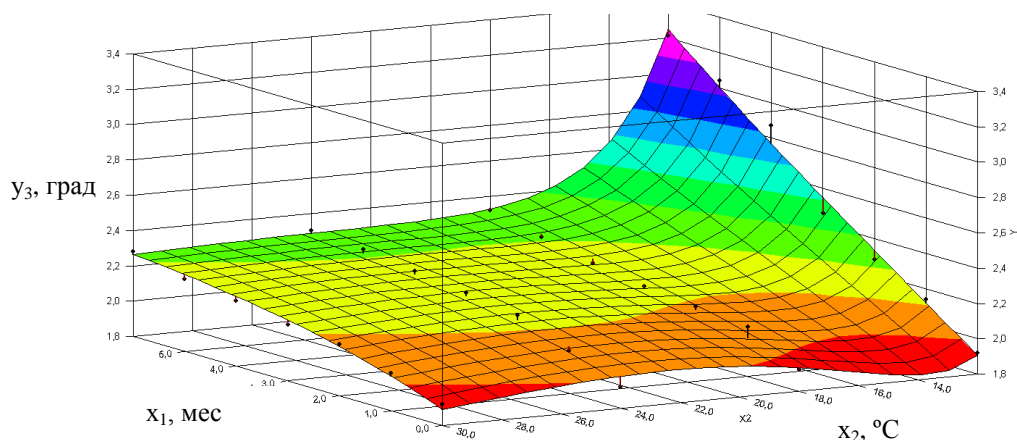


Рис. 3. Зависимость оценки титруемой кислотности в плодах сорта Добрыня

Оценка содержания пектиновых веществ в плодах сорта Добрыня (y_4 , %) представлена следующей зависимостью (рис. 4):

$$y_4 = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \frac{b_2}{x_2} + b_3 \cdot x_1^2 + \frac{b_4}{x_2^2} + b_5 \cdot \frac{x_1}{x_2} + b_6 \cdot x_1^3 + \frac{b_7}{x_2^3} + b_8 \cdot \frac{x_1}{x_2^2} + b_9 \cdot \frac{x_1^2}{x_2},$$

где x_1 – срок хранения, мес.; x_2 – температура хранения, °C; $b_0=4,179$, $b_1=-0,448$, $b_2=-104,952$, $b_3=0,019$, $b_4=1844,026$, $b_5=14,440$, $b_6=0,001$, $b_7=-10232,228$, $b_8=-121,041$, $b_9=-0,613$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации 99,32 %, относительная погрешность 4,91 %.

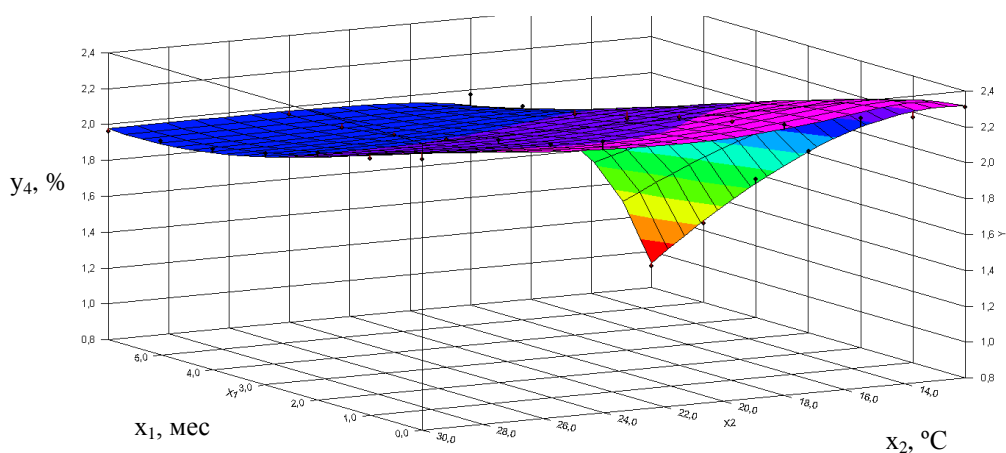


Рис. 4. Зависимость оценки содержания пектиновых веществ в плодах сорта Добрыня

Оценка содержания витамина С в плодах сорта Добрыня (y_5 , мг/100г) представлена следующей зависимостью (рис. 5):

$$y_5 = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \frac{b_2}{x_2} + b_3 \cdot x_1^2 + \frac{b_4}{x_2^2} + b_5 \cdot \frac{x_1}{x_2} + b_6 \cdot x_1^3 + \frac{b_7}{x_2^3} + b_8 \cdot \frac{x_1}{x_2^2} + b_9 \cdot \frac{x_1^2}{x_2},$$

где x_1 – срок хранения, мес.; x_2 – температура хранения, °C; $b_0=22,175$, $b_1=-1,627$, $b_2=78,930$, $b_3=0,249$, $b_4=-856,089$, $b_5=27,218$, $b_6=-0,017$, $b_7=2092,114$, $b_8=-286,539$, $b_9=-0,630$ – коэффициенты регрессии. Коэффициент детерминации 98,53 %, относительная погрешность 4,89 %.

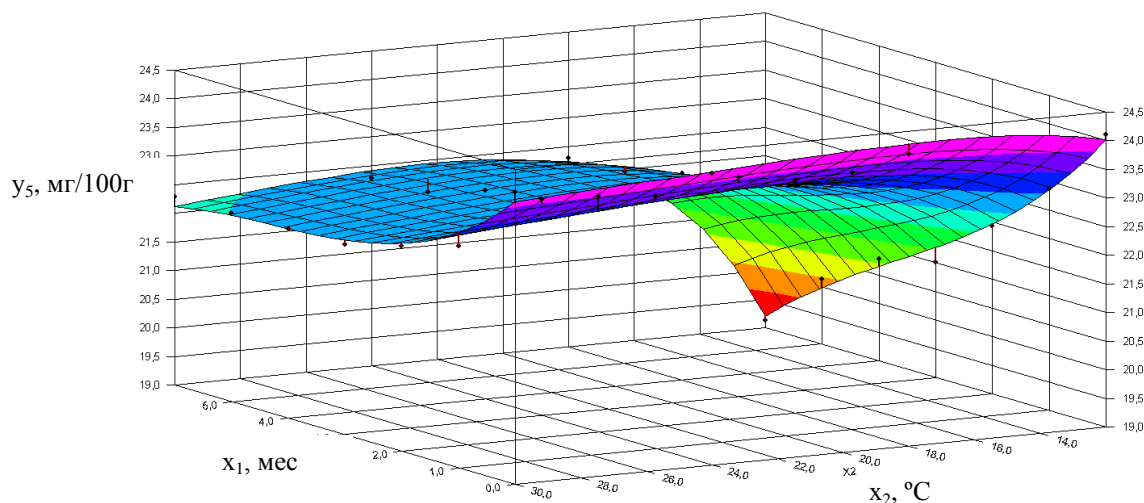


Рис. 5. Зависимость оценки содержания витамина С в плодах сорта Добрыня

В целом по модели коэффициент детерминации превышает 95%, а относительная погрешность не превосходит 5 %, поэтому модель была использована в прогнозных целях. В результате расчетов найдена оптимальная температура хранения замороженных плодов минус 18,023 °C, что отклоняется от значения минус 18 °C, найденного экспериментально, менее чем на 2%.

Вывод. Разработанная математическая модель и методика ее применения позволили определить оптимальную температуру хранения замороженных плодов минус 18,023 °C и предельные сроки хранения до 6 месяцев, при которых не происходит существенных изменений физико-химических показателей продуктов.

Литература

1. Типсина Н.Н., Воробьева З.К. Сравнительная характеристика технологий переработки мелкоплодных яблок // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2006. – №15. – С. 306–312.
2. Харитонов Д.В., Ройдна Е.Н. Изучение некоторых аспектов криозамораживания микробной массы // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – №9.

