

gidrotermicheskoi obrabotki zerna grechikhi // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 10 (120). – S. 137-142.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Алтайского края в рамках научного проекта «Ресурсосберегающие технологии зернопереработки» № 15-48-04416 «р\_сибирь\_а».



УДК 536.4

О. Рахматов  
O. Rakhmatov

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОРАДИАЦИОННОЙ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИНОГРАДА КРАСНЫХ И БЕЛЫХ СОРТОВ

#### THE STUDY OF THERMO-IRRADIATION AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF RED AND WHITE GRAPE VARIETIES

**Ключевые слова:** сушка, виноград, свойства, теплопроводность, теплоемкость, температура, ягода, характеристика, длина волны, спектр, краска, цвет, уравнение, зависимость.

**Keywords:** drying, grape, properties, thermal conductivity, thermal capacity, temperature, berry, characteristics, wave-length, spectrum, color, equation, dependence.

Реологические свойства винограда необходимы для расчета процесса сушки. К ним относятся терморadiaционные характеристики (ТРХ) и теплофизические характеристики (ТФХ). Для определения ТРХ винограда был использован спектроколориметр «Пульсар-М» в диапазоне инфракрасной области спектра 380-1100 нм. Действие прибора основано на измерении коэффициента отражения и пропускания за одну вспышку импульсной лампы. Доказано, что для черного винограда спектры отражения различаются с белыми сортами. Это объясняется цветовой гаммой красящего вещества черного винограда антоциана. Результаты расчетов коэффициентов отражения и поглощения винограда, яблока и абрикоса дали возможность провести расчеты гелиосушилок пленочного типа. ТФХ винограда определяются его теплоаккумулирующей способностью, инерционностью температурного поля при нагревании и оказывают влияние на процесс сушки. Для определения ТФХ ягод винограда использован зондовый экспресс-метод, который является комплексным и дает возможность получить данные об основных характеристиках: плотности, температуропроводности и теплоемкости. Для реализации этого метода создана лабораторная установка, позволяющая автоматически фиксировать изменение температуры внутри отдельной ягоды с использованием потенциометра КСП-4, термометра ЭКТ-150. Обработку полученных данных проводили методом наименьших квадратов. Были определены значения  $\alpha$ ,  $\lambda$  и комплекса  $C$  для ягод винограда сорта Кара-кишмиш в диапазоне температур 20-80°C и влажности  $W = 81\%$ . Выведены аппроксимированные зависимости теплопроводности и температуропроводности, которые увеличиваются линейно.

The rheological properties of grapes are needed to calculate the drying process. These include the thermo-irradiation properties and thermophysical properties. To determine grape thermo-irradiation properties, the spectral colorimeter Pulsar-M was used in the range of the infrared spectrum of 380...1100 nm. The action of the device is based on the measurement of reflectance and transmission coefficients per one flash of a pulse lamp. It is proved that the reflection spectra of black and white grape varieties are different. This is explained by the color range of black grape anthocyanin pigment. The obtained results of the calculations of the reflection and absorption coefficients of grapes, apple and apricot enabled calculating film solar energy dryers. The thermophysical properties of grape are determined by its thermal storage capacity, the temperature field response to heating and affect the drying process. A rapid probe technique was used to determine the thermophysical properties; the integrated technique enabled obtaining data on the basic characteristics as density, thermal diffusivity and thermal capacity. A laboratory setup was developed to implement this technique which enabled to automatically monitor the change in temperature within an individual berry with potentiometer KSP-4 and thermometer EKT-150. The data processing was performed by least-squares method. The values of  $\alpha$ ,  $\lambda$  and  $C$  complex for grape berries of the Karakishmish variety were determined for the temperature range of 20-80°C and humidity  $W = 81\%$ . The approximate dependences of thermal conductivity and thermal diffusivity were derived; they increased in linear fashion.

Рахматов Орифжон, к.т.н., доцент, каф. технологии переработки с.-х. продукции, Гулистанский государственный университет, Республика Узбекистан. E-mail: glsu\_info@edu.uz.

Rakhmatov Orifzhon, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Product Processing Technologies, Gulistan State University, Republic of Uzbekistan. E-mail: glsu\_info@edu.uz.

### Введение

Для расчета процесса солнечно-воздушной сушки сахаристых сортов винограда типа Кара-кишмиш, Ак-кишмиш, Тагоби, Чиляки, Маска, Султани, Тайфи и др. необходимы данные о физико-химическом составе обрабатываемой продукции, её реологических свойствах, температурно-режимных условиях сушки винограда и данные по интегральным терморрадиационным характеристикам (ТРХ) обрабатываемого продукта: отражательной  $R_\lambda$ , пропускающей  $T_\lambda$  и поглощающей  $A_\lambda$  способностям.

В Узбекистане, учитывая его природно-климатические условия с продолжительными солнечными осенними месяцами, широко распространен метод солнечно-воздушной сушки винограда. В процессе такой сушки за счет воздействия на виноград солнечного излучения изменяются его температура, влажность, форма плодов и другие свойства. Это приводит к изменению оптических и терморрадиационных характеристик плодов [1, 4-7].

Знание терморрадиационных и оптических характеристик необходимо для определения рассеяния и поглощения солнечной радиации высушиваемыми ягодами, что является основой рационального выбора конструкции сушилок и расчета продолжительности сушки.

**Цели и задачи.** Важным приоритетным направлением являются изучение и определение ТРХ и ТФХ некоторых кишмишных сортов винограда, высушиваемых традиционно воздушно-солнечным способом или под плёночными солнечно-радиационными сушильными установками (СРСУ).

Поставленная задача была изучена и практически реализована автором в процессе экспериментальных исследований.

### Объекты и методы исследования

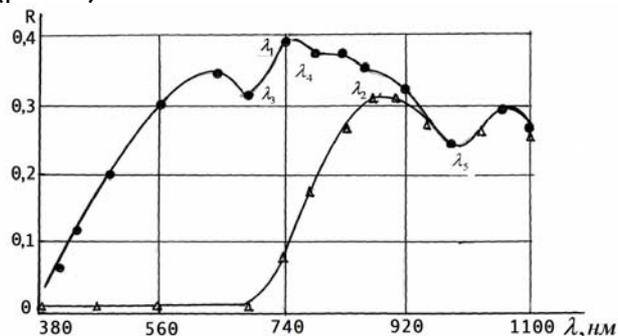
Объектами исследований являются свежие и сушеные ягоды двух сортов винограда: Кара-кишмиш (черный кишмиш) и Ак-кишмиш (белый кишмиш).

Для определения оптической и ТРХ ягод винограда нами был использован лабораторный спектроколориметр «Пульсар-М» в диапазоне видимой и ближней инфракрасной области спектра (380-1100 нм). Принцип действия прибора основан на одновременном измерении коэффициента отражения  $R_\lambda$  или пропускания  $T_\lambda$  на двадцати четырех фиксированных длинах волн за одну вспышку импульсной лампы.

Как известно, коэффициенты отражения  $R_\lambda$ , пропускания  $T_\lambda$  и поглощения  $A_\lambda$  связаны между собой соотношением

$$R_\lambda + T_\lambda + A_\lambda = 1. \quad (1)$$

Снятые спектральные характеристики отражения в указанных диапазонах свежего черного и белого винограда при влажности  $W = 80\%$  математически обрабатывались на компьютере и представлены в виде кривых зависимостей спектральной отражательной способности ягод винограда от длины волны (рис. 1).



**Рис. 1. Зависимость спектральной отражательной способности ягод винограда от длины волны при влажности  $W = 80\%$ :**

● – Ак-кишмиш; Δ – Кара-кишмиш

### Результаты эксперимента

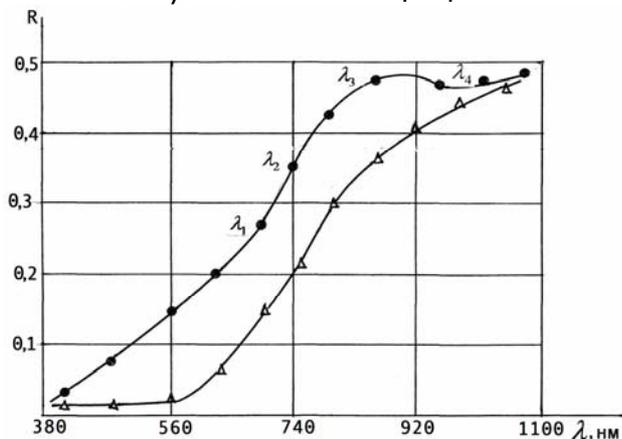
Как видно из графика, максимум отражательной способности ягод белого винограда соответствует  $\lambda_1 = 740$  нм, в то же время для черного винограда она составляет  $\lambda_2 = 875$  нм. В области спектра  $\lambda = 380-685$  нм для чёрного винограда значения коэффициента отражения очень незначительны и близки к нулю, а в диапазоне  $\lambda = 685-900$  нм он резко увеличивается до значения 0,31. Это объясняется цветом красящих веществ ягод черного винограда, включающих производные каратиноида, флавона и антоциана.

В спектре отражения исследованных образцов винограда наряду со спектральными полосами, характерными красящими веществами, наблюдается также полосы поглощения на длинах волн  $\lambda_3 = 680$  нм,  $\lambda_4 = 790$  нм,  $\lambda_5 = 990$  нм. По предположению полоса  $\lambda = 680$  нм соответствует отражательной способности производного хлорофилла.

Исследованию также подвергались сушеные ягоды винограда, полученные на пленочно-солнечной сушилке радиационно-конвективного типа. На рисунке 2 показаны спектры отражения ягод черного и белого винограда, из которых видно, что после сушки характерные пики, соответствующие длинам волн  $\lambda_1 = 680$  нм,  $\lambda_2 = 740$  нм,  $\lambda_3 = 875$  нм, исчезают, а пик, соответствующий длине волны  $\lambda_4 = 997$  нм, уменьшается и остается до конца сушки.

Как видно из рисунка 2, спектр отражения сушеных ягод винограда существенно деформирован по сравнению со спектром свежих ягод. Деформация спектров заключается

в исчезновении колебательной структуры и смещения основной полосы желтой области спектра. По-видимому, деформация спектров связана с испарением молекул воды из состава ягод и при этом проявляется непосредственное взаимодействие молекул красящего пигмента. Одним из типов проявления межмолекулярного взаимодействия исследуемых молекул является ассоциация.



**Рис. 2. Зависимости спектральных терморadiационных характеристик сушеных ягод винограда от длины волны:**  
● – Ак-кишмиш; Δ – Кара-кишмиш

Авторами [2] показано, что при ассоциации молекул могут произойти падение поглощающей способности и исчезновение колебательной структуры, т.е. наблюдается гипохромия электронных спектров.

Изучение спектров исследованных образцов показало, что ТРХ винограда не только зависят от внутреннего строения ягод, но и от цвета, степени зрелости и величины отдельных ягод.

На основании полученных результатов в диапазоне 380-1100 нм, рассчитаны спектральные коэффициенты отражения  $R_\lambda$  и поглощения  $A_\lambda$ . Средние интегральные коэффициенты отражения  $R_\lambda$  определялись осреднением по спектру солнца в указанном диапазоне по формулам:

$$R_\lambda = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_\lambda J_{\lambda\pi} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_{\lambda\pi} d\lambda} = \frac{\sum_i R_{\lambda_i} J_{\lambda_i\pi} \Delta\lambda_i}{\sum_i J_{\lambda_i\pi} \Delta\lambda_i}; \quad (2)$$

$$A_\lambda = 1 - R_\lambda - T_\lambda, \quad (3)$$

где  $J_{\lambda\pi}$  – спектральная плотность падающего потока прямой солнечной радиации, Вт/м<sup>2</sup>.

Пренебрегая малым значением  $T_\lambda$ , можно записать  $A_\lambda = 1 - R_\lambda$ .

В таблице представлены результаты расчетов интегральных коэффициентов отраже-

ния и поглощения некоторых сортов винограда и плодов.

Таблица

**Результаты расчетов интегральных коэффициентов отражения и поглощения некоторых сортов винограда и плодов**

Сырье	Влажность сырья, %	Среднее значение	
		$R_\lambda$	$A_\lambda$
Кара-кишмиш	80/21	0,19/0,21	0,81/0,79
Ак-кишмиш	80/20	0,32/0,34	0,68/0,66
Тайфи	80/22	0,28/0,30	0,72/0,70
Чиляки	78/19	0,33/0,35	0,67/0,65
Абрикос	78/20	0,26	0,74
Яблоки	75/17	0,28	0,72

Таким образом, полученные ТРХ винограда, яблока и абрикоса дают возможность провести соответствующие расчеты гелиосушилок пленочного типа.

### Лабораторно-экспериментальная часть

Теплофизические характеристики (ТФХ) винограда определяются его теплоаккумулирующей способностью, инерционностью распределения температурного поля при нагревании и оказывают значительное влияние на процесс сушки. Знание ТФХ необходимо для выбора оптимальных режимов сушки и для анализа перемещения тепла и влаги внутри ягод винограда. Для расчета теплообмена, обобщения результатов в критериальной форме и математического моделирования процесса сушки винограда необходимо иметь данные по их плотности, коэффициентам теплопроводности  $\lambda$ , температуропроводности  $\alpha$  и теплоемкости  $c$ .

Для определения ТФХ ягод винограда использован зондовый экспресс-метод, позволяющий получить значения ТФХ непосредственно в процессе нагрева [3]. Данный метод является комплексным и дает возможность получить достоверные данные сразу о трех основных ТФХ винограда:  $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $c$ .

Для реализации этого метода нами изготовлена лабораторная установка, позволяющая автоматический ввод термодатчика в исследуемый материал на заданную глубину (рис. 3).

Установка состоит из установленного на платформе 1 столешника 2, под которым размещается теплоизолированный контейнер 3, куда помещается исследуемый материал, в данном случае ягоды винограда 4. Контейнер обогревается индукционной катушкой 5 через лабораторный автотрансформатор 6 и имеет наружное теплоизоляционное покрытие 7. На столешнике расположен сосуд 8 с тепловой изоляцией, оснащенный по центру трубой 9 для прохода термодатчика 10. Последний связан с многоточечным по-

тенциометром КСП-4 11, к которому также подведены концы от электроконтактного термометра 12 ЭКТ-150. На консольном рычаге 13 установлен многооборотный исполнительный механизм 14 с выдвигаемым сердечником 15. Для удобства проведения экспериментов сосуд 8 выполнен съемным. Отверстия в столешнице 2 и на крышке контейнера 3 закрыты бумажными клапанами 16, которые исключают конвективный теплообмен тепловых потоков в трубе 9 и контейнера 3.

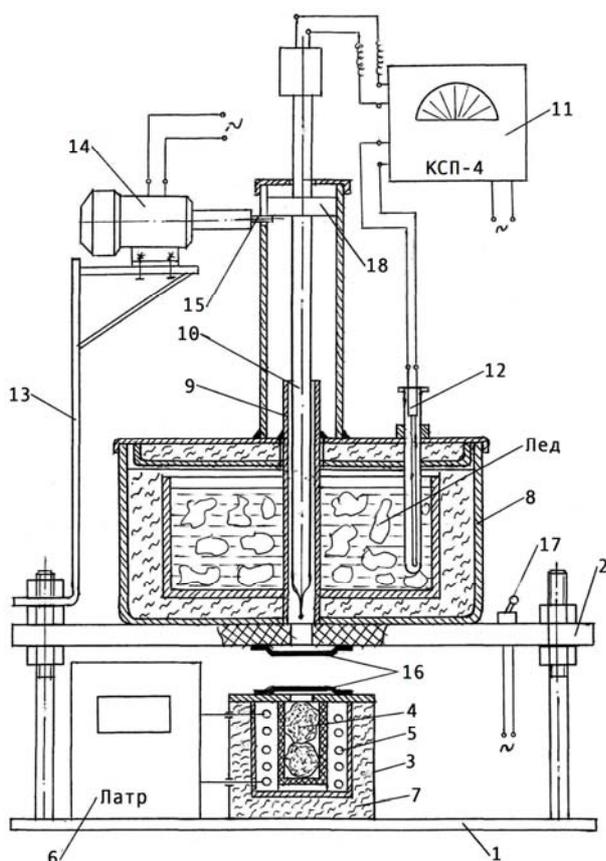


Рис. 3. Установка для исследования теплофизических свойств винограда

При включении переключателя 17 срабатывает исполнительный механизм 14, при этом выдвигаемый сердечник 15 втягивается и терморезистивный датчик 10 под действием груза 18 устремляется вниз по трубе 9. При движении датчик прорывает бумажные клапаны 16 и вонзается в исследуемую ягоду винограда 4. В момент внедрения датчика синхронно включается вторичный измерительный прибор 11. В начальный момент холодные концы терморезистивных термостатированы, поскольку помещены в трубу 9, находящуюся в воде с тающим льдом.

Обработку полученных данных и расчет ТФХ проводили по методике, изложенной в [3]. Обработку осуществляли методом наименьших квадратов. Чтобы приблизить и идентифицировать условия эксперимента,

нами был выбран принцип нагрева, а не охлаждения.

Экспериментально были определены значения  $\alpha$ ,  $\lambda$  и комплекса  $C$  для свежих ягод винограда Кара-кишмиш в диапазоне температур 20-80°C и влажности  $W = 81\%$ .

На рисунке 4 представлены зависимости ТФХ винограда от температуры, откуда видно, что при нагревании до температуры 75°C значения  $\alpha$  и  $\lambda$  увеличиваются по законам, близким к линейным. Объемная теплоемкость  $c\rho$  при нагревании до температуры 40°C изменяется незначительно и падает в пределах 1250-1150  $\text{кДж}/\text{м}^3\text{K}$ . При повышении температуры образца более 42°C значение объемной теплоемкости снижается до 945  $\text{кДж}/\text{м}^3\text{K}$ .

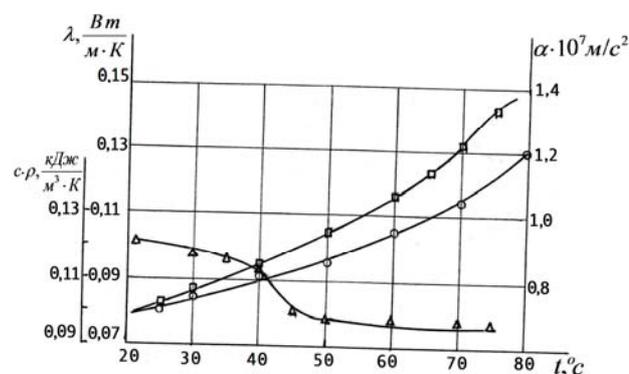


Рис. 4. Зависимости ТФХ винограда от температуры:

- — теплопроводность;
- температуропроводность;
- △ — объемная теплоемкость

В диапазоне температур  $t = 20...75^\circ\text{C}$  зависимости теплопроводности  $\lambda$  от температуры аппроксимированы функцией

$$\lambda = 0,078 + [(t - 20)7,25 \cdot 10^{-4}] \pm 2 \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

а коэффициент температуропроводности:

$$\alpha = [6,54 - (t - 20) \cdot 0,11] \cdot 10^{-8}. \quad (5)$$

Таким образом, ТФХ ягод винограда зависят от температуры. На величину и характер этих зависимостей в значительной степени оказывает влияние структура тканей ягод, а также ее изменение в процессе тепловой обработки.

### Выводы

1. Экспериментально исследованы спектрально-терморadiационные характеристики некоторых сортов свежего и высушенного винограда, а также абрикоса и яблок.

2. На основе полученных результатов вычислены среднеинтегральные коэффициенты отражения и поглощения для указанных плодов. Результаты исследований показали, что

по ТРХ можно определить степень сушки и качество продукта.

3. Определены теплофизические характеристики ягод винограда в диапазоне температур от 20 до 75°C.

4. Установлено, что теплопроводность и температуропроводность увеличиваются с ростом температуры почти по линейным законам. Получены эмпирические выражения для этих зависимостей.

#### Библиографический список

1. Ильясов С.Г., Красников В.В. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 358 с.

2. Левшин Л.В., Рева М.Г., Рыжиков Б.Д. Влияние молекулярных взаимодействий в растворах сложных органических веществ на их электронные спектры поглощения и люминесценции. – М., 1980. – 76 с. Деп. / ВИНТИ – 15 апреля 1980. – № 1472.

3. Красников В.В., Панин А.С., Скверчак В.Д. Метод комплексного определения теплофизических характеристик вязких, жидких патоко-образных и мелкодисперсных материалов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1976. – № 2. – С. 135.

4. Метлицкий Л.В. Биохимия плодов и овощей. – М.: Экономика, 1976. – 271 с.

5. Гуляев В.Н. и др. Справочник технолога пищевого концентрата и овощесушильного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 488 с.

6. Ахмадалиев А. Результаты испытания опытно-производственной фруктосушильной

установки // Гелиотехника. – 1974. – № 2. – С. 71-73.

7. Jurd L. Some advances in the chemistry of anthocyanin-type plant pigments. In: Chemistry of Plant Pigments (C.O. Chichester, ed.). New York: Academic Press, 1972. pp. 123-142.

#### References

1. Ilyasov S.G., Krasnikov V.V. Fizicheskie osnovy infrakrasnogo oblucheniya pishchevykh produktov. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1978. – 358 s.

2. Levshin L.V., Reva M.G., Ryzhikov B.D. Vliyaniye molekulyarnykh vzaimodeystviy v rastvorakh slozhnykh organicheskikh veshchestv na ikh elektronnyye spektry pogloshcheniya i lyuminestsentsii. – M., 1980. – 76 s. Dep. VINITI 15 aprelya 1980. № 1472.

3. Krasnikov V.V., Panin A.S., Skverchak V.D. Metod kompleksnogo opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik vyazkikh, zhidkikh patoko-obraznykh i melkodispersnykh materialov / Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. – 1976. – № 2. – S. 135.

4. Metlitskii L.V. Biokhimiya plodov i ovoshchei. – M.: Ekonomika, 1976. – 271 s.

5. Gulyaev V.N. i dr. Spravochnik tekhnologiya pishchekontsentratnogo i ovoshchesushil'nogo proizvodstva. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984. – 488 s.

6. Akhmadaliev A. Rezul'taty ispytaniya opytно-proizvodstvennoi fruktosushil'noi ustanovki / Geliotekhnika. – 1974. – № 2. – S. 71-73.

7. Jurd L. Some advances in the chemistry of anthocyanin-type plant pigments. In: Chemistry of Plant Pigments (C.O. Chichester, ed.). New York: Academic Press, 1972. pp. 123-142.



УДК 637.5.002:557.16

Н.Л. Наумова  
N.L. Naumova

### О СОХРАННОСТИ НЕКОТОРЫХ МИКРОНУТРИЕНТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ ВАРеноЙ КОЛБАСЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ МЯСО ПТИЦЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБВАЛКИ

#### MICRONUTRIENT PRESERVATION IN PRODUCTION AND STORAGE OF COOKED SAUSAGE CONTAINING MECHANICALLY DEBONED POULTRY MEAT

**Ключевые слова:** вареные колбасы, мясо птицы механической обвалки, селен, витамины, сохранность микронутриентов.

Известно, что введенные в колбасный фарш витамины А, Е, С ингибируют процесс окисления жира, при этом разрушаясь. Антиокислительным эффектом также обладает пищевая добавка «Селлексен». Учитывая, что мясо птицы механической обвалки характеризуется как сырье с высоким

содержанием прооксидантов (гемовое и негемовое железо) и практически полным отсутствием природных антиокислителей, целью исследований явилось изучение сохранности некоторых микронутриентов, а именно селена и витаминов, при производстве и хранении обогащенной вареной колбасы, содержащей мясо птицы механической обвалки. В качестве объекта исследований была выбрана вареная колбаса «Дорожная» (состав: мясо птицы механической обвалки, фарш птицы,