

Восстановление реологических свойств желтка после замораживания

А.С. Бобко, А.Л. Бобко, канд. техн. наук **О.И. Сергиенко**,
д-р техн. наук **А.Л. Ишевский**

*Университет ИТМО
191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
E-mail: a.s.bobko@mail.ru*

Исследовали влияние фермента фосфолипаза А2 на качественные показатели желтка яичного при различных температурах хранения (–6; –12 и –18°C) с целью определения оптимальных параметров хранения с минимальным нарушением его реологических свойств. Объектом исследования выбран желток, приготовленный из стандартных пятидневных яиц первой категории, произведенных на птицефабрике Ленинградской области, и предназначенный для производства майонезов. В качестве фермента был выбран фосфолипаза А2, применяемый для стабилизации желтка и получения продукта с высокими эмульсионными свойствами. Желток подвергали замораживанию с помощью шоковой заморозки при температуре –35°C и скорости воздуха 15 м/с. Хранили в холодильных камерах при температуре –6 и –12°C в течение 10 месяцев; при –18°C в течение 12 месяцев. После размораживания определяли вязкость желтка на вискозиметре Энглера, рН с помощью лабораторного рН-метра, термостабильность по внутренней методике производства, органолептические показатели на соответствие требованиям ГОСТ 30363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия». Микробиологические показатели на соответствие ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» определялись аккредитованной лабораторией. Выявлена оптимальная температура хранения желтка яичного после заморозки –18°C, при которой изменение вязкости менее выражено, менее интенсивно происходит изменение цвета продукта и не обнаруживается рост КМАФАнМ. Оценено положительное влияние фермента фосфолипаза А2 на восстановление реологических свойств желтка после его размораживания, а также на изменение рН в процессе хранения по сравнению с желтком без добавления фермента. Предложена усовершенствованная технологическая схема производства желтка яичного, в которой добавление фермента происходит перед его замораживанием, а не после его размораживания, что положительно влияет не только на указанные выше параметры, но также на стабилизацию и его эмульсионные свойства без дополнительных затрат. Результаты исследования были внедрены на производстве жидких яичных продуктов в Ленинградской области. За счет снижения себестоимости и повышения рентабельности продукта объем продаж в течение одного года увеличился на 22%.

Ключевые слова: консервирование холодом; технологические параметры замораживания; обработка яичного желтка ферментом; яичный желток; ферментированный желток; реологические свойства яйцепродуктов; фосфолипаза А2.

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-1-20-26

Restoration of the yolk rheological properties after freezing

Aleksandra S. Bobko, Aleksandr L. Bobko,
Ph. D. **Olga I. Sergienko**, D. Sc. **Aleksandr L. Ishevsky**

*ITMO University
9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia
E-mail: a.s.bobko@mail.ru*

The effect of the A2 phospholipase enzyme on the quality of egg yolk at different storage temperatures (–6; –12, and –18°C) was analyzed to determine the optimal storage parameters with minimal violation of its rheological properties. The object of the study was the yolk prepared from standard five-day eggs of the first category, produced at the poultry farm in Leningrad region and intended for the production of mayonnaise. A2 phospholipase was chosen as an enzyme used to stabilize the yolk and produce a product with high emulsion properties. The yolk was subjected to freezing through shock freezing at the temperature of –35°C and air velocity of 15 m/s. Then it was stored in cooling chambers at the temperatures of –6 and –12°C for 10 months, and at –18°C for 12 months. After defrosting the viscosity of the yolk was determined on Engler viscometer, pH – with the help of a laboratory pH meter, thermal stability – according to the internal production procedure, organoleptic indicators – for compliance with the requirements specified in GOST 30363-2013 "Egg liquid and dry food Products. Technical conditions". Safety indicators were determined by a third-party accredited laboratory. Tests were carried out for

compliance with TR TS 021/2011 "Customs Union Technical Regulations for the safety of food products". The optimum storage temperature of egg yolk after freezing, -18°C , at which the viscosity change is less pronounced, changes in the colour of the product are less intense, and the growth of QMAFAnM is not detected. The positive effect of the A2 phospholipase enzyme on the restoration of the yolk rheological properties after defrosting, as well as on the change in pH during storage, compared with the yolk without the addition of the enzyme is evaluated. An improved technological scheme of egg yolk production is proposed, in which the addition of the enzyme occurs before its freezing, and not after its defrosting, which has a positive effect not only on the above parameters, but also on the stabilization and its emulsion properties at no additional cost. The results of the study were implemented in the production of liquid egg products in Leningrad region. Due to cost reduction and product profitability increase the volume of sales increased by 22% within one year.

Keywords: cold preservation; technological parameters of freezing; processing of egg yolk by enzyme; egg yolk; fermented yolk; rheological properties of egg products; phospholipase A2.

Введение

Сегодня в России объем производства яичного меланжа не удовлетворяет потребности пищевой промышленности, что связано с несовершенной техникой и технологией его производства, замораживания и хранения. Вопрос рационального хранения яичного меланжа имеет особое значение в связи с сезонностью производства сырья – яиц [1, 2]. Максимальное поступление яиц происходит на весенне-летний период, а в ноябре-январе, на которые приходится пик производства кондитерских, хлебобулочных изделий, мясных продуктов и майонезов, поставки снижаются. Из-за несоответствия данных режимов цены на яичные продукты в осенне-зимний период ежегодно поднимаются [3].

Решением данной проблемы является заготовка яичного меланжа и яичных продуктов, их заморозка в сезон повышенной носкости кур и использование в осенне-зимний период. Это позволяет сглаживать цены в течение года [4].

Однако данная технология имеет существенный недостаток – меланж и желток при обработке температурой ниже -6°C необратимо желируется и расслаивается, что затрудняет их дальнейшее использование после дефростации [5].

Исследование влияния холодильной обработки и хранения при температурах от -10 до -50°C на свойства яичного меланжа было выполнено в 1983 году в Ленинградском технологическом институте холодильной промышленности. Было выявлено необратимое изменение реологических свойств яичного меланжа при холодильном хранении, восстановление которых в то время не представлялось возможным [6].

Цель данной работы – исследовать восстановление реологических свойств желтка после заморозки с помощью внесения фермента фосфолипаза А2.

Желток, рассматриваемый в данной работе, используется для производства майонезов. Выбор данного фермента обусловлен тем, что его применение приводит к стабилизации желтка и получению продукта с высокими эмульсионными свойствами.

Как известно, качество желтка зависит не только от условий его замораживания, но и от условий хранения [7]. В соответствии с ГОСТ 30363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие», яйцепродукты должны храниться при температуре не выше минус 18°C не более 15 месяцев, при температуре не выше минус 12°C – не более 10 месяцев.

Задачи исследования заключались в разработке новой технологии внесения фермента, при которой он не только оказывал влияние на эмульсионные свойства, но и на восстановление реологических свойств после размораживания. В частности, изучалось влияние различных температур хранения (-6 ; -12 ; -18°C) желтка с добавлением и без добавления фермента фосфолипаза А2 на качественные показатели с целью определить оптимальные параметры хранения замороженного желтка с минимальным нарушением его реологических свойств. Температуры -12 и -18°C были выбраны на основе данных ГОСТ 30363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия». При температуре -6°C , согласно зарубежным исследованиям [8, 9], происходят необратимые изменения в желтке. На основе данных предприятия по производству жидких яичных продуктов, были проанализированы ежемесячные поставки сырья в течение 5 лет. Данные по поступлению яиц куриных усреднены и представлены в виде диаграммы, на которой видна характерная неравномерность

в поставках: максимум поступлений приходится на весенне-летний период, при сокращении поставок осенью и зимой (рисунок 1).

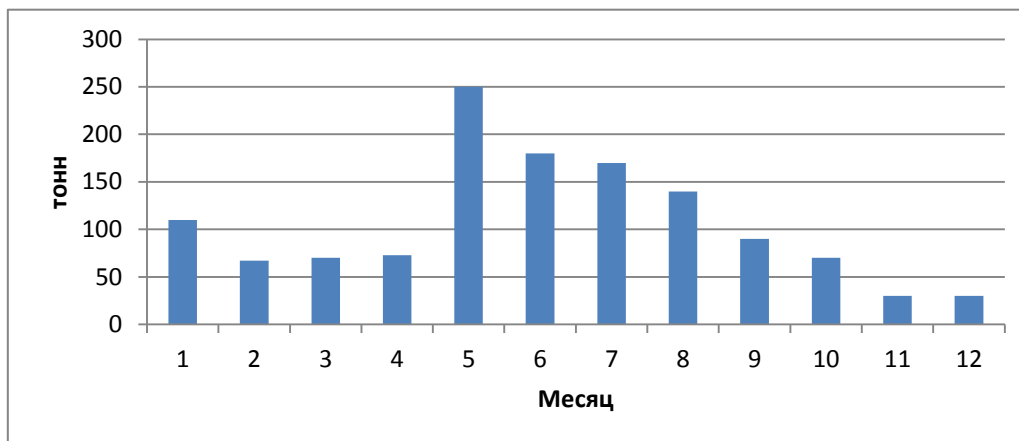


Рисунок 1 – Анализ поступления сырья по месяцам
Figure 1. Raw material input by month

Анализ поступления сырья в промпереработку свидетельствует о необходимости осуществлять заморозку яйцепродуктов в течение 8–9 месяцев.

Объекты и методы исследования

Для опытов брали желток, приготовленный из стандартных пятидневных яиц первой категории. Отбор сырья и технологические операции по производству желтка проводили в соответствии с действующей технологической инструкцией по производству мороженых яичных продуктов.

Замораживание проводили с помощью шоковой заморозки при температуре -35°C и скорости воздуха 15 м/с.

Желток с начальной температурой 4°C расфасовывали в пакеты из полимерной барьерной пленки толщиной 60 мкм, с размерами 320x150 мм и массой 5 кг. Толщина продукта составляла 80 мм. Хранили в холодильных камерах при температуре $-6, -12^{\circ}\text{C}$ в течение 10 месяцев, при -18°C в течение 12 месяцев. Размораживали, не вскрывая упаковку [10], в воздушной среде при $+18-20^{\circ}\text{C}$ и скорости движения воздуха 7 м/с.

Качество и свойство желтка после размораживания оценивали по показателям, характеризующим изменения его основных компонентов: по вязкости, pH, термостабильности, органолептическим, и микробиологическим показателям [11].

Вязкость определяли на вискозиметре Энглера в градусах Энглера ($^{\circ}\text{E}$) условной вязкости. Далее значения переводились в единицы системы СИ ($\text{м}^2/\text{с}$)

$$\varphi = \left(0,0731^{\circ}\text{E} - \frac{0,0631}{\text{oE}} \right) \cdot 10^{-4}.$$

pH измеряли с помощью лабораторного pH-метра pH-150МИ. Методика испытаний согласно ГОСТ 31469-2012 «Пищевые продукты переработки яиц сельскохозяйственной птицы. Методы физико-химического анализа».

Требования к органолептическим показателям приведены в ГОСТ 30363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия». Испытания проводились в лаборатории производства.

Определение термостабильности осуществлялось по внутренней методике производства «Определение термостабильности меланжа и желтка яичного». Желток смешивали с маслом растительным в пропорции 33:67, получая продукт наподобие майонеза, взбивали и наливали в формы высотой 10 мм и диаметром 60 мм и помещали в духовой шкаф при температуре 85°C на 10 минут. Далее проверяли состояние опытных образцов. Термостабильным считается желток, продукт из которого по истечении заданного времени при заданной температуре является жидким либо очень нежным, податливым с текстурой помадки.

Микробиологические анализы проводились силами сторонней аккредитованной лаборатории – Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области во Всеволожском районе». Испытания проводились на соответствие ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Фермент фосфолипаза А2 добавлялся перед пастеризацией в количестве 0,02%. Концентрация фермента была выбрана согласно рекомендациям изготовителя. Дозировка производилась в лаборатории с помощью дозатора для безопасного капельного дозирования.

До проведения испытаний фермент использовался для улучшения эмульгирующих свойств и стабилизации желтка и вносился по следующей схеме (рисунок 2).

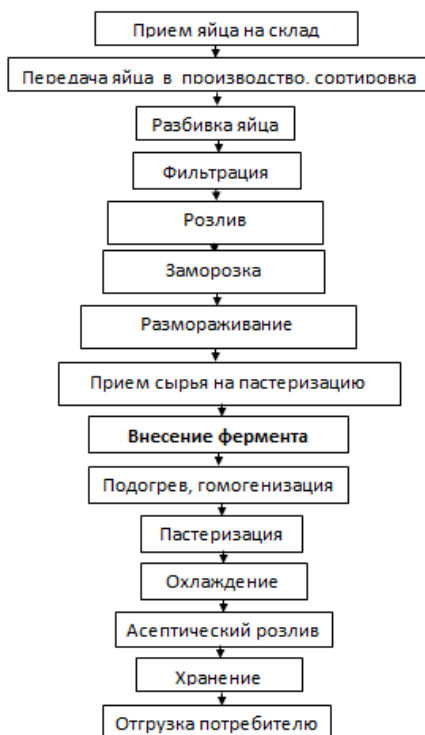


Рисунок 2 – Технологическая схема производства желтка. Вариант 1
 Figure 2. Yolk production technological scheme. Var. 1

В процессе проведения исследований была внесена поправка в схему введения фермента. Фермент начали добавлять перед замораживанием (рисунок 3).

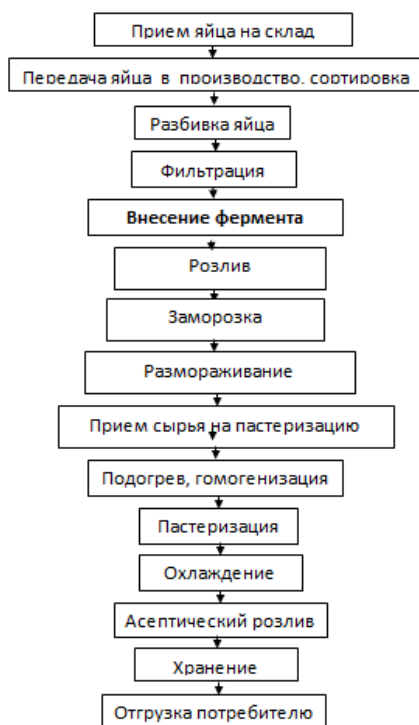


Рисунок 3 – Технологическая схема производства желтка. Вариант 2
 Figure 3. Yolk production technological scheme. Var. 2

Фермент вносился в продукт, тщательно перемешивался мешалкой в танкере в течение 30 минут.

Для оценки качества желтка в процессе хранения в качестве базовых для сравнения были приняты показатели яичного желтка до его замораживания.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований свидетельствуют, что процесс замораживания и хранения желтка без добавления фермента сопровождается необратимыми изменениями первоначальных свойств продукта. В таблице 1 показано изменение вязкости желтка в процессе хранения при различных температурах. Как видно, вязкость возрастает с первых же дней заморозки и далее изменяется незначительно. Так, при -6°C вязкость замороженного желтка за первый месяц увеличилась в 11 раз.

Таблица 1– Изменение вязкости желтка в процессе хранения при различных температурах

Table 1. Yolk viscosity during storage at different temperatures

| Температура, $^{\circ}\text{C}$ | Вязкость, $\text{м}^2/\text{с}, \times 10^{-4}$ | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|
| | перед замораживанием | продолжительность процесса хранения, мес. | | | | | | | |
| | | 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| -6 | 0,217 | 2,387 | 2,425 | 2,426 | 2,431 | 2,433 | 2,433 | образцы сняты с хранения | |
| -12 | 0,223 | 2,676 | 2,678 | 2,680 | 2,681 | 2,683 | 2,684 | образцы сняты с хранения | |
| -18 | 0,241 | 2,892 | 2,894 | 2,896 | 2,896 | 2,897 | 2,899 | 2,901 | 2,903 |

В таблице 2 приведено изменение вязкости желтка после добавления фермента фосфолипаза А2 в процессе хранения при различных температурах. Из таблицы видно, что вязкость желтка изменяется незначительно при всех исследуемых температурах.

Таблица 2 – изменение вязкости желтка с добавлением фермента фосфолипаза А2 в процессе хранения при различных температурах

Table 2. Viscosity of yolk with А2 phospholipase enzyme added during storage at different temperatures

| Температура, $^{\circ}\text{C}$ | Вязкость, $\text{м}^2/\text{с}, \times 10^{-4}$ | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|
| | перед замораживанием | продолжительность процесса хранения, мес. | | | | | | | |
| | | 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| -6 | 0,232 | 0,248 | 0,250 | 0,251 | 0,253 | 0,255 | 0,255 | образцы сняты с хранения | |
| -12 | 0,245 | 0,246 | 0,248 | 0,248 | 0,250 | 0,251 | 0,253 | образцы сняты с хранения | |
| -18 | 0,231 | 0,233 | 0,235 | 0,236 | 0,238 | 0,239 | 0,241 | 0,243 | 0,244 |

В процессе хранения яичного желтка при температуре -6 ; -12 и -18°C происходит незначительный сдвиг рН в щелочную область. Как указано в таблице 3, при -18°C изменения менее выражены, что очевидно связано с замедлением микробных и ферментативных процессов, которые влияют на рН продукта [12]. Добавление фермента в яичный желток практически не влияет на изменение рН в процессе хранения.

Таблица 3 – Изменение рН желтка в процессе хранения при различных температурах

Table 3. Yolk pH during storage at different temperatures

| Температура, $^{\circ}\text{C}$ | рН | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|
| | Перед замораживанием | В процессе хранения, мес. | | | | | | | |
| | | 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| -6 | 5,926 | 5,951 | 5,985 | 5,999 | 6,039 | 6,123 | 6,254 | образцы сняты с хранения | |
| -12 | 5,927 | 5,943 | 5,966 | 5,983 | 5,999 | 6,021 | 6,186 | образцы сняты с хранения | |
| -18 | 5,926 | 5,934 | 5,944 | 5,958 | 5,963 | 5,972 | 5,978 | 5,981 | 5,986 |

В процессе хранения наблюдается уменьшение каротиноидов [13], играющих роль не только антиокислителей в процессе окисления жиров, но и веществ, влияющих на окраску желтка. В процессе хранения окраска замороженного желтка меняется с ярко-оранжевой до оранжевой, особенно это

заметно при -6°C . При этой температуре цвет после разморозки продукта практически не восстанавливается. При -18°C цвет замороженного продукта меняется с меньшей интенсивностью и после дефростации практически восстанавливается. Добавление фермента приводит к изменению цвета продукта на янтарный, который в процессе хранения не изменяется.

Продукт из обычного желтка становится полностью твердым, легко крошится вдоль линий разлома. Ферментированный желток после хранения при температурах -6 ; -12 и -18°C остается термостабильным.

По органолептическим показателям, консистенции и вкусу омлеты, выпеченные из замороженного желтка, хранившегося при различных температурах, ничем не отличались. У всех образцов была отмечена резиновая консистенция, неприятный внешний вид и специфический вкус. Оценка качества желтка в процессе хранения была бы неполной без учета результатов бактериологических исследований, которые привели к следующим выводам.

Лимитирующим фактором оценки качества желтка явились результаты бактериологических лабораторных исследований. БГКП оставалось в норме – не обнаруживалось в 0,1 г.

Однако в процессе длительного хранения при -6 и -12°C наблюдается рост КМАФАнМ, и тем раньше, чем выше температура хранения. Так, в продукте, хранившемся при -6°C , рост КМАФАнМ начинался после 8 месяцев хранения, при -12°C – после 9 месяцев хранения, при -18°C в течение 12 месяцев рост плесени обнаружен не был.

Согласно лабораторным исследованиям, добавление фермента на бактериологические исследования влияния не оказывало.

Выводы

Полученные данные подтверждают положительное влияние фермента фосфолипаза А₂ на восстановление реологических свойств желтка после его размораживания.

Была определена оптимальная температура хранения замороженного желтка, -18°C , при которой изменение вязкости менее выражено, менее интенсивно происходит изменение цвета продукта и не обнаруживается рост КМАФАнМ.

В ходе проведенных исследований была усовершенствована технологическая схема изготовления желтка, в которой фермент добавляется перед заморозкой продукта, а не после его размораживания. В результате предлагаемого изменения технологии внесения фермента продукт стал обладать не только повышенными эмульгирующими и стабилизационными свойствами, но и восстанавливать свои реологические свойства без дополнительных затрат.

Литература

1. Гадаева В.Ю. К вопросу о развитии производства жидких яичных продуктов в России [Электронный ресурс] // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 12(39). URL:// <http://agro.snauka.ru/2014/12/1749> (дата обращения 17.02.2019).
2. Агафонов В.П. Яичное производство – перспективное направление // Птицепром. 2011. № 3. С. 54–58.
3. Агафонов В.П., Каренин А.И. Улучшение функциональных свойств яичных продуктов путем ферментации // Материалы международной научно-практической конференции «Новые мировые тенденции в производстве продуктов из мяса птицы и яиц» (Москва, 17–18 октября 2006 г.). М.: ГУ ВНИИПП, 2006. С. 125–127.
4. Агафонов В.П., Кругалев С.С., Петрова Т.И. Производство яичных продуктов: основные тенденции // Материалы международной научно-практической конференции «Новые мировые тенденции в производстве продуктов из мяса птицы и яиц» (Москва, 17–18 октября 2006 г.). М.: ГУ ВНИИПП, 2006. С. 121–125.
5. Vencomatic Group. Egg Focus: Careful collection. *International Poultry Production*. 2016, V. 24, no. 3, p. 35.
6. Фролов В.Л. Влияние холодильной обработки и хранения на свойства яичного меланжа // Холодильная техника. 1983. № 2. С. 51–54.
7. O'Keefe T. The Americas dominate rankings of the world's largest egg companies. *Egg Industry*, 2014, V. 119, no. 11, pp. 10–12.
8. Seuss-Baum I. Variability in estimation of egg nutritional value throughout Europe: how to control it? *Proceedings of XIII European Poultry Conference* (Tours, France, 23–27 August, 2010). 2010. P. 287.
9. Donald J. Mc Namara. Eggs: A world of possibilities. *World Poultry*. 2010, V. 26, no. 7, pp. 36–37.
10. Кавтарашвили А.Ш., Каранетян Р.В., Голубов И.И. Новые методы определения эффективности производства // Животноводство России. 2013. № 4. С. 1–12.

11. Красюков Ю.Н. Яичные продукты: показатели качества и методы контроля // Птица и птицепродукты. 2013. № 4. С. 34–36.
12. Kiokias S., Gordon M.H., Oreopoulou V. Effects of composition and processing variables on the oxidative stability of protein-based and oil-in-water food emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. V. 57, Is. 3, pp. 549–558.
13. МакКенн Б.М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы. СПб.: Профессия, 2008. 471 с.

References

1. Gadaeva V.Yu. K voprosu o razvitiі proizvodstva zhidkikh yaichnykh produktov v Rossii [On the development of production of liquid egg products in Russia]. *Agriculture, forestry and water management*. 2014, no. 12 (39), 32 p.
2. Agafonychev V.P. Yaichnoe proizvodstvo – perspektivnoe napravlenie [Egg production is a promising direction]. *Ptitseprom*. 2011, no. 3, pp. 54–58.
3. Agafonychev V.P., Karenin A.I. Uluchshenie funktsional'nykh svoystv yaichnykh produktov putem fermentatsii [Improvement of functional properties of egg products by fermentation]. *New global trends in the production of poultry meat and eggs. Proceedings of the international scientific and practical conference (17–18 October 2006, Moscow)*. Moscow, GU VNIIPP Publ., 2006, pp. 125–127.
4. Agafonychev V.P., Krugalev S.S., Petrova T.I. Proizvodstvo yaichnykh produktov: osnovnye tendentsii [Production of egg products: major trends]. *New global trends in the production of poultry meat and eggs. Proceedings of the international scientific and practical conference (17–18 October 2006, Moscow)*. Moscow, GU VNIIPP Publ., 2006, pp. 121–125.
5. Vencomatic Group. Egg Focus: Careful collection. *International Poultry Production*. 2016, V. 24, no. 3, p. 35
6. Frolov V.L. Vliyanie khlodil'noi obrabotki i khraneniya na svoistva yaichnogo melanzha [The effect of cold processing and storage on the properties of egg mélange]. *Kholodil'naya tekhnika*. 1983, no. 2, pp. 51–54.
7. O'Keefe T. The Americas dominate rankings of the world's largest egg companies. *Egg Industry*, 2014, V. 119, no. 11, pp. 10–12.
8. Seuss-Baum I. Variability in estimation of egg nutritional value throughout Europe: how to control it? *Proceedings of XIII European Poultry Conference (Tours, France, 23–27 August, 2010)*. 2010. P. 287.
9. Donald J. Mc Namara. Eggs: A world of possibilities. *World Poultry*. 2010, V. 26, no. 7, pp. 36–37.
10. Kavtarashvili A.Sh., Karapetyan R.V., Golubov I.I. Novye metody opredeleniya effektivnosti proizvodstva [New methods for determining the efficiency of production]. *Animal Husbandry of Russia*. 2013, no. 4, pp. 1–12.
11. Krasnyukov Yu.N. Yaichnye produkty: pokazateli kachestva i metody kontrolya [Egg products: quality indicators and control methods]. *Poultry and poultry Products*. 2013, no. 4, P. 35.
12. Kiokias S., Gordon M.H., Oreopoulou V. Effects of composition and processing variables on the oxidative stability of protein-based and oil-in-water food emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. V. 57, Issue 3, pp. 549–558.
13. McKenn B.M. *Struktura i tekstura pishchevykh produktov. Produkty emul'sionnoi prirody* [Structure and texture of food products. Products of emulsion nature]. St. Petersburg, Profession Publ., 2008. 471 p.

Статья поступила в редакцию 22.02.2019