

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи



КУЛЕШОВА ЛЮДМИЛА АНАТОЛЬЕВНА

**ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
ПЕРЕПЕЛИНЫХ ЯИЦ ПРИ ИХ ХРАНЕНИИ**

Специальность: 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства  
продуктов животноводства

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор с.-х. наук,  
профессор П.П. Царенко

Санкт-Петербург – 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	8
1.1 Основные показатели качества яиц	8
1.1.1 Химический состав	8
1.1.2 Биофизические и физико-химические показатели	15
1.2 Требования к качеству перепелиных яиц	30
1.3 Динамика показателей качества яиц при хранении	36
1.3.1 Биофизические изменения интактных яиц	38
1.3.2 Изменение качества составных частей яйца при хранении и их биологическое обоснование	42
1.4 Методы продления сроков хранения яиц	47
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА	53
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	62
3.1 Динамика показателей качества перепелиных яиц	62
3.1.1 Динамика параметров воздушной камеры яиц при хранении	62
3.1.2 Масса яиц и ее изменения при хранении	66
3.1.3 Динамика плотности яиц	75
3.1.4 Динамика индексов белка и желтка яиц при хранении	78
3.1.5 Единицы Хау и показатель IQU	81
3.1.6 Коэффициент рефракции и количество сухого вещества белка и желтка при хранении яиц	84
3.1.7 Изменение пигментации желтка при хранении	87
3.1.8 Динамика рН белка и желтка при хранении яиц	89
3.1.9 Динамика качества скорлупы	92
3.1.10 Микробная загрязненность яиц	94
3.2 Влияние упаковки на результаты хранения перепелиных яиц	97
3.3 Сравнительная оценка методов, используемых при определении свежести перепелиных яиц.	108
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	120
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	123
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	124
ПРИЛОЖЕНИЯ	143

## ВВЕДЕНИЕ

Перепелиных ферм, которые занимаются промышленным производством яиц и мяса, в России не так много. Как утверждают специалисты, «перепелиный рынок» освоен примерно на 20-28 %. Поэтому, учитывая, что перепелиные яйца и мясо пользуются все большим спросом у населения, можно смело говорить о перспективах перепеловодства [40,42,45].

По данным Группы компаний «Агриконсалт» текущая емкость рынка перепелиного яйца в стране оценивается в 140-145 млн. шт. в год. Более половины продаж продукции перепеловодства приходится на Москву и Санкт-Петербург. На малые города и сельскую местность приходится менее 10% [70].

Ленинградская область является регионом, не только потребляющим продукцию перепеловодства, но и успешно ее производящим. Так, в 2010 году в области произведено около 15 млн. штук яиц, а в 2016 году – 97,6 млн. яиц, т.е. в 6,5 раз больше.

Однако, несмотря на достаточно высокие темпы роста объемов производства и реализации перепелиных яиц в Ленинградской области, яичный рынок Санкт-Петербурга испытывает некоторый дефицит в перепелиных яйцах, что вынуждает реализовывать в торговой сети продукцию хозяйств других регионов (Воронежская, Челябинская, Минская обл.) [5,7]. Отсутствие конкуренции с одной стороны и возрастающий спрос на перепелиные яйца у населения нашего мегаполиса с другой, позволяет реализовывать яйца по условиям, разработанным в хозяйствах, значительно отличающимся не только от Межгосударственного стандарта, принятого в 2012 году, но и между собой. В таких технических условиях нет согласования по срокам и условиям хранения, а это ведет к реализации яиц более низкого качества, т.к. это скоропортящийся продукт. Кроме того, к снижению качества реализуемых перепелиных яиц приводит отсутствие контроля за сроками и условиями хранения их на торговых базах и в торговых сетях города.

При проведении исследований по диссертационной работе использованы труды Пигаревой М.Д., 1976-1997 гг.; Дядичкиной Л.Ф., 2008 г, 2015 г; Беляковой Л.С., 2006 г, 2012 г; Афанасьева Г.Д., 2006 г и др., которые, в основном, посвящены разработке технологий инкубации, селекции и кормления перепелов. Вопросы динамики качества перепелиных яиц в процессе их хранения разработаны, на наш взгляд, недостаточно.

В связи с этим необходимо знать динамику качественного изменения перепелиных яиц в процессе хранения и методы контроля за «возрастом» яйца, что позволит не допускать на пищевой рынок некачественную продукцию, т. е. перепелиные яйца с длительным или неправильным хранением, которые теряют свои товарные и питательные качества и могут оказывать негативное влияние на здоровье потребителя. Поэтому исследования, связанные с улучшением качества реализуемых пищевых перепелиных яиц, являются актуальными и имеют высокую практическую значимость.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» по теме 2 «Разработка научных основ эффективного использования и дальнейшего повышения генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных на основе современных достижений науки», разделу 2.1 «Совершенствование методов контроля качества яиц, технологий содержания и инкубации с.-х. птицы».

*Целью работы* является изучение динамики основных показателей качества перепелиных яиц при хранении.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить динамику размеров воздушной камеры перепелиных яиц в процессе хранения;
- изучить влияние температурно-влажностного режима на изменения массы, плотности, показателей белка и желтка при хранении яиц;

- определить эффективность методов, используемых при оценке свежести перепелиных яиц;
- изучить показатели качества скорлупы и их связь с микробной загрязненностью яиц;
- изучить влияние упаковки на результаты хранения перепелиных яиц.

**Научная новизна.** Впервые с использованием усовершенствованных методик и приборов проведены комплексные исследования динамики качества пищевых перепелиных яиц при хранении в разных условиях. Дано обоснование условий хранения пищевых перепелиных яиц.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Результаты исследований позволили выявить особенности качественных изменений перепелиных яиц при хранении и рекомендовать сельскохозяйственным предприятиям, торговым сетям откорректированные сроки их хранения, контролируя «возраст» яиц по индексу свежести.

**Методология и методы исследований.** Методологией наших исследований являлись труды отечественных и зарубежных ученых в области качества яиц, в том числе перепелиных. При проведении экспериментов использованы биологические, зоотехнические, экономические и статистические методы исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- динамика биофизических показателей качества интактных перепелиных яиц при хранении;
- изменения внутренних биофизических качеств перепелиных яиц при хранении;
- изменение биохимического состава и микробной загрязненности при хранении перепелиных яиц;
- сравнительная оценка методов, используемых при определении свежести перепелиных яиц;
- влияние упаковки на результаты хранения перепелиных яиц;

- экономическая эффективность.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждается большим объемом исследований, проведенных с 2011 по 2016 гг. на большом количестве перепелиных и куриных яиц, с использованием общепринятых и разработанных на кафедре птицеводства и мелкого животноводства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета методов исследований с использованием сертифицированных и созданных на кафедре приборов. Результаты обработаны методом вариационной статистики с применением современных компьютерных программ.

Промежуточные и итоговые результаты работы были доложены и обсуждены на Международных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, а также конференциях молодых ученых и аспирантов ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (Санкт-Петербург, Пушкин 2012-2017гг.), II Международной (заочной) научно-практической конференции «Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров» АНОО ВО «Российский университет кооперации» (Москва, 2014 г), XVIII конференции ВНАП «Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России» (19-21 мая 2015г, Сергиев Посад), Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины» (20-21 ноября 2015 г), Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ (Троицк, 2016 г), Научно-практическая (очно-заочная) конференция с международным участием (10 ноября 2016 г) Омск, 2016 г расширенном заседании кафедры птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ (Санкт-Петербург, Пушкин, 2017 г.)

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии соискателя в проведении опытов и получении экспериментальных данных, участии в апробации результатов исследования, обработке и обсуждении полученных результатов, подготовке публикаций по выполненной работе.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Результаты исследований апробированы и внедрены в ООО «Перепелочка» Ломоносовского района, КХ «Приручейная долина» Приозерского района Ленинградской области, а также используются в учебном процессе по направлениям подготовки бакалавров (36.03.02) и магистров (36.04.02) «Зоотехния», в изучении дисциплин: «Птицеводство», «Инкубация с основами эмбриологии» и «Современные методы оценки качества яиц».

**Публикации результатов исследования.** По материалам диссертации опубликовано 22 научных работы, в том числе 3 – в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК.

Работа изложена на 142 страницах компьютерного текста, содержит 37 таблиц, 20 рисунков и состоит из следующих разделов: введение; основная часть, включая обзор литературы, материал и методы исследований, результаты собственных исследований и обсуждение; заключение; выводы и практические предложения, библиографический список, который включает 269 цитируемых источников, в том числе 73 на иностранном языке.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Основные показатели качества яиц

Яйцо как биологический объект и натуральный продукт питания оценивают по составу и свойствам. При этом показатели оценки делят на морфологические и химические. Часть показателей оценивают органолептическими методами, другую часть – с помощью приборов или реактивов.

### 1.1.1 Химический состав

Питательную ценность яйца определяет его химический состав. С.П. Бондаренко, А. Снегов, Б.Ф. Бессарабов, А.А. Крыканов, А.А. Киселев К.S. Tiwary and P. Panda, W. Stadelman, В. Punya Kumaril и многие другие обращают внимание на то, что в перепелиных яйцах содержится больше сухих веществ (25,4 - 26,2%), а по данным Л.М. Косныревой, В.И. Криштафовича и В.М. Позняковского их содержание достигает 26,7%, превосходя куриные яйца по многим питательным веществам. [23,27,92,109,114,151,242,259,263]. В справочнике «Пищевая и биологическая ценность яиц и яичных продуктов» химический состав перепелиного яйца характеризуется следующими показателями: в 100 г продукта содержится белка – 11,9%, жира – 13,1%, золы 1,2% [125].

Сухое вещество белка представлено в основном протеином, желтка – жирами, скорлупы – минеральными веществами. В желтке по мнению ряда исследователей на долю воды приходится 47- 49%, в белке её — 87- 88% [85, 200, 260].



И. Егоров и Л. Белякова отмечают, что перепелиные яйца являются кладовой витаминов, микроэлементов, незаменимых аминокислот [62] и с ними соглашается целый ряд исследователей [81,94,108,113,122,123,151,163, 267].

В. Фисинин, А. Штеле и Г. Ерастов указывают, что одно свежее куриное яйцо высокого качества удовлетворяет суточную потребность человека в витаминах: В<sub>12</sub> – на 50%, А – на 22,5%, D – на 22%, В<sub>2</sub> – на 12,5%. Авторы указывают, что при потреблении 100 г яичной массы или двух яиц в день можно достичь полного насыщения витамином В<sub>12</sub> и биотином, а одно яйцо массой 60 г содержит почти половину суточной потребности холина. Причем лучшим источником холина для человека – это яичный желток [169,170].

Целый ряд исследователей обращает внимание на то, что в пяти перепелиных яйцах, по массе равных одному куриному, содержится от 2,5 [151] до 2,8 раза витамина В<sub>1</sub> [62,123] и от 2,2 до 2,5 раза больше витамина В<sub>2</sub> [62, 150, 151], значительно больше (в 2,5 раза и более) в перепелиных яйцах витамина А и каротиноидов [62,123,163,171], а также витамина РР [171]. Таким образом, можно сделать вывод о более высокой витаминной насыщенности перепелиных яиц.

Ученые установили, что в перепелиных яйцах примерно в 2,5 раза больше фосфора, меди, кобальта [15, 16, 62,151,194], а по данным М.Д. Пигаревой, Г.Д. Афанасьева, С.П. Бондаренко, а также А. Снегова на 10,3% больше протеина [27,122,151]. При этом аминокислотный состав его по данным ряда авторов значительно превосходит состав куриного яйца [31, 118, 122, 139]. Так, С.П. Бондаренко, А. Снегов указывает, что лизина в перепелиных яйцах больше на 40%, цистина – на 53%, метионина – на 90%, аспарагиновой кислоты - на 46%, глютаминовой кислоты - на 19%, а триптофана – на 20% по сравнению с куриными яйцами [27, 151].

Известно, что основным источником энергии являются жир и углеводы. Однако, по мнению Stadelman W.J., в перепелином яйце несколько меньше жира, чем в курином (11,01% против 11,25% соответственно) и углеводов (на 0,003%) [259].

В отношении калорийности перепелиного яйца данные расходятся: одни

считают его калорийность выше, чем куриного [125], другие – ниже [23, 37]. Тем не менее, большинство исследователей пришло к выводу, что пищевая ценность перепелиных яиц выше, чем у куриных [6,11,12,15,21,24,27,40,41,42, 76,94,99,109,113,123,145,150,176,191,213,242,267] .

По Б.Ф. Бессарабову, А.А. Крыканову, А.Л. Киселеву взаимодействие яичных протеинов контролируется уровнем рН белка, который в норме соответствует 7,6-8,2 (до 9,0) [23]. В методических наставлениях «Биологический контроль инкубационных яиц сельскохозяйственной птицы» уровень рН куриных белков яиц – 8,5-9,0. В этих же наставлениях указывается значение рН белка перепелиных яиц соответствующее 8,9 [25]. Примерно такие же результаты (рН 8,47 – 9,02) по содержанию ионов водорода в белке указаны для яиц японского перепела в работе Ф.Ф. Алексеева и Л.С. Белякова. Авторы указывают, что возраст птицы не оказывал закономерного влияния на рН белка [6].

В яичном белке содержится около 3% лизоцима от всех белковых веществ. Он представляет собой белковую фракцию из 2-3 компонентов с ферментными свойствами.

По данным К. Веев, К.S. Tiwary, Р. Panda, в белке куриного яйца около 0,9% углеводов в свободном или связанном с белками состоянии. Свободные углеводы представлены глюкозой и в небольших количествах маннозой, галактозой, ксилозой и арабинозой [200, 263]. В исследованиях Л.Г. Коршуновой в белке перепелиного яйца не было обнаружено липидов и углеводов вообще [85,86] или найдены лишь их следы [200, 263].

Золы в белковой части перепелиных яиц, по данным зарубежных авторов – К. Веев, К.S. Tiwary, Р. Panda, несколько меньше – 0,51-0,79%, чем в куриных яйцах (0,5-0,9%). В белке куриных яиц обнаружены в больших количествах соединения К, Na, Ca, Mg, S, Cl, P, в небольших – Fe [200, 263,267]. Белок содержит Pb, Al, I, F, Si, Zn [174, 177] и в небольших количествах Ba, В, Br, Li, Mn, Mo, Ru, Ag [23]. Штелле А.Л., Османян А.К., Афанасьев Г.Д. ссылаясь на данные Л.Г. Коршуновой, указывают на отсутствие в белке перепелиных яиц

фосфора и марганца и на небольшое содержание в них меди (0,08%), марганца (0,08%), железа (0,31%) [191].

В содержимом куриного яйца витамины распределяются неравномерно, причем в белке в основном витамины группы В [169], а Л.М. Коснырева, В.И. Криштафович, В.М. Позняковский напротив считают, что в белковой фракции куриных яиц содержится очень немного [92]. Ю.В. Косинцева с сотрудниками, И. Егоров, Л. Белякова отмечают, что в белке перепелиных яиц, по сравнению с куриными, содержится больше витаминов по их составу и по количеству [54,83]. Так, ряд авторов утверждает, что в перепелином яйце в небольших количествах содержатся витамины В<sub>2</sub>, РР [86,92,191].

По данным Б.Ф. Бессарабова, А.А. Крыканова, А.Л. Киселева желток куриного яйца состоит примерно из 43,5-48% воды и 52-56,5% сухого вещества. В сухом веществе в свою очередь, по данным авторов, содержится 98% органических веществ (протеинов 32,3%, липидов 63,5% углеводов 2,2%) и 2% минеральных веществ. Таким образом, основную органическую часть желтка составляют жиры. Протеинов в желтке меньше почти в 2 раза, а углеводов и неорганических веществ почти в 30 раз по сравнению с содержанием жиров [23].

Желток яйца содержит протеин, жир, углеводы, минеральные вещества, витамины. Л.Г. Коршунова, А.Л. Штелле, А.К. Османян, Г.Д. Афанасьев и др. считают, что в желтке перепелиных яиц сухих веществ в 4,5 раза больше, чем в курином желтке [86, 191].

Желток яйца богат протеином. По данным исследователей количество протеина колеблется от 16,6% до 19,3% [86,199,260]. По данным Л. Дядичкиной протеины желтка имеют иной состав, чем протеины белка [56]. Б.Ф. Бессарабов, А.А. Крыканов, А.Л. Киселев указывают, что протеин в желтке содержится в двух видах: ововивителлин (78%) и оволиветин (22%). А.Л. Штеле указывает на то, что протеины желтка – это сложные белки-протеиды (фосфо-, глико- и липопротеиды) [192].

В жире яичного желтка около 1/3 насыщенных (пальметиновая, стериновая, миристиновая) и около 2/3 ненасыщенных (олеиновая, линолевая, линоленовая, клупанадоновая) кислот [56,92].

По данным Г. Ерастова в желтке перепелиного яйца холестерин хорошо сочетается с лецитином, который способствует образованию соединений 4-х молекул холестерина с липидами высокой плотности, которые не образуют бляшки [64].

По данным отечественной и зарубежной литературы, содержание холестерина в 0,1г желтка перепелиных яиц колеблется от 11,96 до 26,02 мг., в куриных – от 11,63 до 30,64 мг. [177, 227, 229]. W.A. Becker, K.W. Washburn, D.F. Nix считают, что химический состав яиц и, в частности, содержание холестерина зависит от кормления, вида и генетики птицы [199, 265]. Углеводы желтка представлены полисахаридами (манноза – глюкозамин), связанными с вителлином и ливетином, и моносахарами (глюкоза, галактоза) как в свободном состоянии, так и в соединениях с белками и жирами.

Из макроэлементов в желтке преобладает P (0,6% массы желтка), более 60% которого входит в состав лецитина, в меньших количествах содержится Ca, Mg, Cl, K, Na, Fe, S а также обнаружены Al, Pb, I, F, Si, Zn (их общее количество составляет около 3,8 мг) [100, 193]. Т.Т. Папазян, Н.А. Голубкина сообщают, что в желтке перепелиного яйца содержится 1,35 мкг Se, что в 2 раза больше, чем в белке [118].

Желток обладает гормональной активностью, обусловленной наличием эстрогенного гормона. Он стимулирует деятельность щитовидной железы [92].

Желток яиц более богат ферментами и витаминами, чем белок [92].

Пигментация желтка определяется окраской составляющих пигментов (каротиноидов: каротином, ксантофиллом, также водорастворимыми пигментами - овофлавином, порфирином, не относящимися к каротиноидам). Б.Ф. Бессарабов, А.А. Крыканов, А.Л. Киселева сообщают, что в желтке куриных яиц содержится, мкг/г: ксантофиллов – 0,33, липохромов – 0,13, и  $\beta$ -каротина – 0,03 [23,167]. А.Снегов считает, что в перепелином желтке

каротиноидов больше на 4%, чем в курином [151]. В методических наставлениях «Биологический контроль инкубационных яиц сельскохозяйственной птицы» норма каротиноидов в инкубационных перепелиных яйцах должна быть не менее 18 мкг/г [25]. Содержание каротиноидов в желтке яйца также как и витаминов А и В<sub>2</sub> с возрастом птицы закономерно снижается [168]. Накапливаясь в желтке яиц, каротиноидные пигменты и витамины способствуют формированию в них высокого качества и хорошего вкуса и по данным Комарчева А.С. лучшей сохранности яиц [82,156]. В отличие от инкубационных яиц для которых разработан отраслевой стандарт качества, включая содержание каротиноидов (не менее 12-15 мкг/г) и основных витаминов, для пищевых яиц нормативных данных по этим показателям нет. В странах ЕС стандартом качества пищевых яиц принято считать 22-26 мкг/г каротиноидов в желтке, что соответствует оранжевому цвету с различными оттенками [46].

Пигментация желтка яиц значительно зависит не только от того насколько полно усваиваются каротиноиды корма, но и от используемых кормовых средств, вызывающих окрашивание желтка: натуральных (кукуруза, травяная, хвойная мука, мука из водорослей, морковь, тыква, люцерна, календула и кормовые добавки приготовленные из них – лукантин, карофил и др.) или синтетических (фидактив и др.), их дозировки и т.д. [19,61,82,92,101, 102,112,156,164,167,168,222]. Однако при насыщении желтков каротиноидами (их «окрашивании») нами в литературе последних лет не найдены работы, определяющие питательную ценность таких яиц и их технологические свойства, в прошлом веке такие работы встречались более часто [177].

Скорлупа самое «сухое» образование яйца. Химический состав скорлупы куриного и перепелиного яйца особых отличий не имеет и содержит (%): вода - 1,6; сухих веществ – 98,4 % в том числе: азотистые вещества – 3,3; липиды – следы; минеральные вещества – 95,1 [92,174]. Азотистые вещества скорлупы в основном представлены белками типа коллагена. В протеине скорлупы обнаружены различные аминокислоты. По данным Г.М. Околеловой их в

скорлупе более 15, правда в значительно меньшем количестве, чем в белке и желтке (от 0,45% до 0,20%) [115]. В скорлупе содержится (% общего состава минеральных веществ) около 97,6 карбоната кальция, 1,6 трикальцийфосфата (0,7%), карбоната магния, 0,8 фосфорнокислых солей кальция и магния, а также следы железа, кремния и серы [92,115,177,177]. Причем Г. Ерастов указывает, что кальций в скорлупе находится в доступной форме (95% доступности) [64]. По данным Ф.Ф. Алексеева и Л.С. Беляковой с возрастом происходит снижение уровня кальция в скорлупе – с 37,6% в 10-нед. возрасте до 31,2% к 32-нед. возрасту птицы [6].

Отличительной особенностью скорлупы перепелиных яиц, кроме их небольшой массы, является пигментация. Романов А. и Романова А. и ряд других исследователей отмечают, что существуют два типа пигментации скорлупы - поверхностная и глубинная (или фоновая) [35,36,139,200,222,]. При фоновой — пигменты скапливаются в губчатом слое скорлупы, в основном, в наружном пласте во время пребывания яйца в матке. Поверхностные пигменты находятся между самой скорлупой и кутикулой и частично входят в поры, прикрывая их [35,36,139,181]. У перепелиных яиц присутствуют оба типа пигментации. По окраске они могут быть самыми разными: от чисто белых (существуют специально отселекционированные по этому признаку линии перепелов) до пестрых с пятнами темно-коричневого, черного, серого цвета. Пигментация перепелиных яиц кроме индивидуальных особенностей зависит от многих факторов: кормления, длительности формирования скорлупы, здоровья и т.д. [36,151,222,252].

Составной частью пигментов яичной скорлупы перепелиных яиц являются оопорфирин и биливердин. А.Е. Woodard, F.B. Mather нашли, что пигментирование скорлупы происходит примерно за 3,5 ч. до снесения яйца. В надскорлупной пленке содержится белок схожий с муцином [266].

### 1.1.2 Биофизические и физико-химические показатели

По данным литературы, примерное соотношение белка, желтка и скорлупы в курином яйце составляет 6:3:1. Однако, по данным разных источников указывается на значительный размах колебаний долей белка, желтка и скорлупы, который составляет соответственно 53-69, 24-36, 8-14% и определяется генотипом и фенотипом [56,92,147,169,189,192,208,255,256]. Так, селекция яичных кроссов кур на укрупнение яиц по сравнению с первыми кроссами привела по данным справочника «Пищевая и биологическая ценность яиц и яичных продуктов» к некоторому изменению структурного состава яиц [125]. Авторы подчеркивают, что при заметном утяжелении яиц (на 4-5 г) количество белка увеличилось и составляет по отношению к желтку не 1,9, как это было прежде, а 2,3-2,7 [32,91,174].

В курином яйце содержится в среднем 58-60 % белка, немногим более 30% желтка и примерно от 10 до 12% скорлупы с подскорлупными оболочками [56,91,92,169,174,177,182,187].

В яйцах перепелов чуть больше, чем в яйцах кур, белка (в среднем 55,8-60,9%) и на 1-2% больше желтка (31,9-32,8%). Зато на долю скорлупы приходится лишь 8,1-12,3% [15,27,85,145,152]. Однако по данным З.И. Кочетовой, Л.С. Беляковой и Г.Д. Афанасьева с сотрудниками доля её в яйце может существенно колебаться от 7,2% до 14,1% [10,96]. Среди исследователей перепелиного яйца нет единодушия по его структуре [27,69,86,87,123,151,231, 255]. Возможно, эти противоречия связаны с тем, что исследовались яйца разных популяций и возрастов перепелов, сильно различающихся по массе и другим признакам. Ф.Ф. Алексеев и Л.С. Белякова, изучая возрастную динамику структуры яиц японского перепела, обнаружили, что доля желтка варьировала в пределах 33,1-36,4%, уменьшаясь к 28-недельному возрасту, а белка в пределах 53,3-56,1%, увеличиваясь с возрастом [6]. О влиянии возраста и физиологического состояния на качество яиц перепелок указывают в своих исследованиях М.

González и M. Shanaway, R.H. Harms, R.B. Christmas, G. Nice и др. [209,211,230,252].

Несмотря на некоторое различие структуры перепелиных яиц, в целом их морфология мало отличается от строения яиц сельскохозяйственной птицы других видов [174,176].

Скорлупу покрывает надскорлупная оболочка, или кутикула. У куриных яиц она очень тонкая и составляет, по данным А.М. Сергеевой, 0,005 - 0,01мм [147]. Пленка проницаема для газов и непроницаема для микроорганизмов, имеет стабильную структуру и разрушается при температуре выше 40<sup>0</sup>С или при длительном хранении.

Скорлупа у перепелиных яиц значительно тоньше, чем у куриных. Мнения о ее толщине у исследователей расходятся. Так, по данным М.Д. Пигаревой, а также З.И. Кочетовой и Л.С. Беляковой толщина скорлупы яиц японского перепела соответствует 220 мкм [96,123]. Большинство исследователей склоняются к тому, что скорлупа у перепелиных яиц в два раза тоньше, чем у куриных и составляет в среднем 160-180 мкм [10,22,55,69,217]. Скорлупа состоит из двух слоев – внутреннего (сосочкового) и наружного (губчатого). Толщина сосочкового слоя у куриных яиц составляет примерно 1/3 толщины всей скорлупы. Губчатый слой прочный, плотно соединен с сосочковым, пронизан порами, число которых в курином яйце, по данным Б.Ф. Бессарабова, А.А. Крыканова, А.Л. Киселева, колеблется от 7 до 17 тыс. и изменяется в зависимости от вида и направления продуктивности птицы [23,25]. Однако нами не обнаружены сведения о количестве пор на скорлупе перепелиных яиц.

Скорлупа перепелиных яиц пигментированная, очень хрупкая, но имеет прочную и эластичную подскорлупную пленку, которая состоит из двух слоев. Один слой плотно соединен со скорлупой и имеет кератиноподобные волокна толщиной от 2 до 12 мкм, другой, более плотный, с диаметром волокон 2-3 мкм – с тонкой белочной оболочкой, покрывающей белок. Между собой оба слоя соприкасаются, за исключением тупого конца, где после снесения яйца образуется воздушная камера (пуга). Общая толщина подскорлупных оболочек у куриных



яиц по данным А.Л. Романова и А.И. Романовой составляет 0,067 мм [139]. По данным А.Л. Yannakoroulos доля подскорлупных оболочек от массы яйца у перепелиных яиц выше, чем у куриных (2,6 % против 0,63%) [268]. По данным З.И. Кочетовой и Л.С. Беляковой подскорлупная оболочка перепелиных яиц имеет массу до 0,1г [94].

Высота белка у перепелиных яиц по данным З.И. Кочетовой и Л.С. Беляковой колеблется от 3,2 до 3,8 мм [96]. Однако, Б.Ф. Бессарабов и И.И. Мельникова указывают, что оптимальной высотой белка перепелиных инкубационных яиц является 9,4 мм [22].

Белок яйца состоит из четырех слоев: наружного жидкого, наружного плотного, внутреннего жидкого и плотного. В перепелином яйце по данным М.Д. Пигаревой жидкого белка 67,81% (4,55г от массы яйца 11,02 г), а плотного – 32,19% (2,16 г от 11,02 г) [123].

Соотношение слоев белка у разных видов и пород птицы при нормальных условиях изменяется незначительно и зависит больше от внешних факторов: кормления, условий содержания птицы, условий и длительностью хранения яиц. Например, высокая температура (выше 42 °С) может быстро вызвать разжижение белка [174].

Физико-химическая характеристика белка куриного яйца представлена в работах Б.Ф. Бессарабова, А.А. Крыканова, А.Л. Киселева и П.П. Царенко: связанной воды в белке – 25%, температура коагуляции - 61°С, точка замерзания – -0,424°С, коэффициент рефракции - 1,3562, поверхностное натяжение – 53дин/см, вязкость при 0°С – 25 П [23,177,180].

Желток перепелиного яйца составляет более 30% от общей массы яйца. Желток имеет округлую, почти сферическую форму, но при длительном хранении его форма изменяется и он становится более плоским. Так, большой диаметр желтка 27-29 мм, малый – 21-24 мм, а высота – 9-11мм, что примерно в 1,4-1,7 раза меньше размеров желтка куриного яйца [22]. В яйце желток располагается в центре, но в процессе хранения может менять своё положение.

Желток снаружи покрыт тонкой желточной оболочкой (0,03 мм). Она трехслойная: наружный и внутренний слои состоят из муцина, а средний из кератина. Желточная оболочка оказывает защитную функцию (не пропускает коллоиды), но она проницаема для газов и воды.

**Масса яиц** является главным показателем, характеризующим пищевую и товарную их ценность. Одной из важнейших отличительных особенностей перепелиных яиц является их небольшая масса, которая, однако, в среднем составляет примерно 7-8% от живой массы несушки, в то время как у курицы – только 3,5%, у цесарки – 3,2-3,7%, а у индейки – всего около 1% [26,76,161,204,236].

Многими исследователями отмечена вполне очевидная зависимость массы яиц от вида птицы [45,67,117,139,177,184,185,186,219], а у перепелов – от направления продуктивности и породы, а также кроссов и линий [21,24,75,83, 93,142,162,244,256,257,262,269]. Л.Г. Коршунова обращает внимание, что в пределах одной породы существуют различия по массе яиц, достигающие 20% [90]. Перепелиные яйца по данным многочисленных исследователей имеют массу от 7 до 13 г. [12,65,95,123,145], 6-16г [235] или даже 12-18 [20,48,94,134, 173]. У перепелок на массу яиц большее влияние оказывает направление продуктивности (яичное, мясное, комбинированное), чем порода. Так, по данным А. Снегова, М.С. Жмакина с сотрудниками, Л.А. Задорожной и др. средняя масса яиц яичных пород составляет 10 г, комбинированных (яично-мясных и мясо-яичных) – 11 г., а мясных – достигает 18 г [65,68,76,150,151]. В исследованиях, проведенных в учебно-производственном птичнике РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева Г.Д. Афанасьевым, Л.А. Поповой, С.Ш. Сайду, А.С. Комарчевым на перепелах мясо-яичного и мясного направления, были получены за 26 недель яйценоскости яйца со средней массой 12,4 г., причем от мясо-яичных – 12,2 г. и от мясных – 11,9 г [12]. Возрастную динамику продуктивности перепелов исследовали в своих работах Н.Е. Арестова, А.А. Диалло [8,51]. Анализ данных, характеризующих породы и популяции перепелок, представленный в литературе, указывает на то, что селекционная работа с перепелками направлена в основном на яйценоскость и

живую массу, а массе яиц и другим качественным его показателям пока не уделяется должного внимания. По данным литературы средняя масса яиц у перепелок, наиболее используемых пород, колеблется от 10 до 18 г. и зависит от направления продуктивности, породы, возраста, а также от влияния внешних факторов. Так, для японской породы перепелок, по мнению большинства перепеловодов, масса яиц колеблется от 9 до 11 г. [20,27,69,123,130,192,200,204,213], а Дегтярева Т.Н. в своих исследованиях указывает среднюю массу яиц от этой породы в 12 г [48]. На столь же низкую массу яиц у мраморной породы (9-10 г.), английской белой и черной пород и смокинговой (10-11) указывают Г. Афанасьев, А.Ю. Быстров, Н. Дегтярева, С.П. Бондаренко, А.Л. Штелле, А.К. Османян, Г.Д. Афанасьев, А. Снегов [13,27,29,48,189,150,151]. Ряд исследователей не пришел к единому мнению о стандартной массе перепелиных яиц для эстонской породы и популяции НПО «Комплекс» [27,90,121,150,151,162]. Штелле А.Л., Османян А.К., Афанасьев Г.Д. считают, что масса яиц у первых составляет 10-11 г., у вторых – 9-10 г [191]. Однако большинство исследователей пришли к выводу, что масса яиц у этих популяций на 2-3 г выше [13,18,27,39,48,132,151]. Более единодушны исследователи оказались в выводах о крупнояичности пород фараон и маньчжурская. Масса яиц у этих пород достигала в среднем 13-16 г, а иногда была еще более высокой (18 г) у породы фараон [39,55]. Ряд ученых обращает внимание на использование гибридной и трансгенной птицы для повышения качества яиц [74,75,77,83,87,88,89,93,96,97].

Таким образом, масса перепелиных яиц действительно имеет большие колебания в зависимости от направления продуктивности и породы птицы.

Большинство исследователей куриных [177,216,237,255] и перепелиных яиц [6,57,84,154] указывают, что с возрастом масса яиц у всех видов птицы имеет тенденцию к увеличению. Коршуновой Л.Г. было обнаружено, что масса перепелиных яиц первого месяца продуктивности была на 8,8-10,6% меньше, чем в последующие месяцы продуктивного периода [84,86]. Однако Ф.Ф. Алексеева, Л.С. Беякова не установили значительной и закономерной разницы этого показателя в зависимости от возраста японских перепелов [6, 84,86].

Масса яиц сельскохозяйственных птиц находится под воздействием внешних факторов и зависит от температуры окружающей среды [93,99,131,137,177,255], от кормления и уровня протеина в рационе [31,66,106,133,138,172,183,198,261], от системы содержания (масса яйца у клеточных несушек растет быстрее, чем при напольном содержании) [14,50,124,127,130,131,137,146,157,183,188]. В.С. Подольская и А.Г. Авакова исследуя влияние биорезонансной технологии получили повышение массы яиц на 6-9% при действии электромагнитных частот с различными препаратами на птиц [126].

**Форма яиц** на питательную и товарную ценность яйца влияет опосредовано. Этот показатель часто определяет повреждаемость скорлупы яиц на различных цепочках их производства, хранения и последующей реализации при использовании стандартной тары и приводит к снижению их качества и пищевой безопасности. Яйца нормальной формы меньше подвергаются бою, чем яйца удлиненной или округлой (конусообразной) формы.

Яйцо птицы является довольно сложным по форме, трудно поддающимся измерению, биологическим объектом и особенно это касается формы перепелиного яйца. Форму яиц можно определить визуально.

Объективным показателем формы яиц является показатель индекса формы, определяемый, отношением малого диаметра яйца к большому выраженное в процентах. Большой (продольный) и малый (поперечный) диаметры измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм, и по формуле вычисляют индекс или находят его по готовым таблицам [176,179].

Сложность измерения формы перепелиных яиц определяется значительным отклонением некоторых из них от эллипса к конусу при одинаковом показателе индекса формы (показателя, характеризующего форму яиц), что может привести к получению не совсем корректных данных. В ряде работ имеются ссылки на форму перепелиных яиц и их допустимые значения для инкубации [25,29,35,69].

В методических указаниях, подготовленных З.И. Кочетовой, Л.С. Беляковой, Л.Ф. Мокобо «Интенсивная технология содержания перепелов» для инкубационных яиц японских перепелов индекс формы допустим в пределах 76-80% [72]. А.Н. Рыцарева наилучшие показатели при инкубации яиц получила из яиц с индексом формы 76,5-79,5% [141]. О связи с результатами инкубации формы яиц сказано в работе В.Р. Sharma, Р. Vorha [253]. На некоторую округлость формы яиц (78-79%) указывают в своих работах Т.А. Заморская, А.Ю. Быстров и др. [29,69]. А.Диалло указывает, что с возрастом индекс формы снижается [51]. Похожие данные получены Ф.Ф. Алексеевой и Л.С. Беляковой, ими установлено, что индекс формы яиц с возрастом японского серого перепела уменьшается с 79,2% до 77,2%, т.е. в начале продуктивного периода перепелов яйца были более округлыми, а к концу – более вытянутой формы [6].

Нами не найдено отдельных исследований, посвященных изучению формы перепелиных яиц, факторов на нее влияющих и прямой связи этого показателя с пищевой и товарной ценностью.

**Качество скорлупы** определяется ее прочностью, упругой деформацией, толщиной и массой, а также визуальными показателями: мраморностью, пигментацией и шероховатостью, наличием наростов. Показатели качества скорлупы яиц кур, уток, индеек, цесарок и гусей изучены достаточно полно. Однако у перепелиных яиц скорлупа из-за ряда объективных причин изучена слабо. Возможно, это можно объяснить отсутствием приборов или отсутствием необходимости такой оценки. Перенос методик определения качества скорлупы других видов птицы на перепелиные яйца возможен, но с учетом особенностей перепелиного яйца (небольшой массы и наличия разнообразной формы яиц) и его скорлупы (очень тонкой, пятнистой и темной, имеющей плотную подскорлупную пленку). Можно предположить, что на перепелиное яйцо оказывают влияние те же факторы, что и на куриное, а именно наследственные (порода, направление продуктивности), интенсивность яйценоскости, возраст,

линька и факторы внешней среды – кормление, условия содержания, ветеринарное состояние стада и др. [134,177,210,211,218,230,240,246,254].

Важными показателями, определяющими сохранность питательных свойств в процессе хранения и пищевую безопасность яйца, являются *показатели прочности скорлупы*. Скорлупа является естественной упаковкой, предохраняющей внутреннее содержимое яйца от механических и других повреждений. От прочности этой упаковки зависит уровень боя и насечки яиц, а значит, и уровень нанесенного хозяйству и потребителю ущерба. Царенко П.П., Васильева Л.Т. указывают, что поврежденность скорлупы в торговле достигает нередко 10-20% [175].

Поэтому прочность скорлупы — важнейший показатель товарной ценности яйца.

По данным П.П. Царенко и Л.Т. Васильевой, Y.M. Kader, S. Whisky прочность скорлупы прямо связана с её толщиной и несколько слабее с упругой деформацией. [174,177,2019]. В связи с этим P.C.M.Simmons считает, что качества скорлупы можно улучшить [254]. А Z.H. Duan, C. Sun, M. Shen, напротив, указывают, что толщина скорлупы почти не оказывает влияния на её прочность [203].

Прочность скорлупы целого яйца на разрушение (раздавливание) колеблется в зависимости от ее толщины и радиуса кривизны. В среднем для раздавливания скорлупы перепелиных яиц по продольному диаметру необходимо приложить усилия 0,3-0,4 кгс. [176,178].

*Упругая деформация скорлупы* — косвенный показатель ее толщины и прочности. В литературе данные по величине упругой деформации скорлупы перепелиных яиц весьма противоречивы и колеблются от 50,86 мкм [69] до 11 мкм [35]. Алексеев Ф.Ф. и Белякова Л.С. указывают, что толщина скорлупы яиц, полученных от японских перепелов соответствует 18-20 мкм [6]. Для инкубационных яиц упругая деформация не должна превышать 45 мкм. [72].

Упругую деформацию скорлупы определяют с помощью прибора ПУД-1 при действии нагрузки в точке измерения показателя 500 г.

П.П. Царенко, Т.А. Заморская, А.Ю. Быстров и др. обращают внимание на то, что упругая деформация в наибольшей степени связана с толщиной скорлупы, что позволяет широко использовать этот показатель для определения толщины скорлупы без вскрытия яиц [28,69]. А.Л. Венскевич считает, что такая связь имеет ту же направленность, но значительно слабее, чем у куриных яиц ( $r = -0,497$ ) [35]. Поэтому при необходимости определяют и толщину скорлупы. Это можно сделать прямым способом, разбив яйцо и измерив толщину скорлупы без подскорлупной пленки с помощью изготовленного в СПбГАУ прибора ТС-1 с точностью до 0,001 мм [179].

*Толщина скорлупы* — важный показатель товарных качеств яиц и уровня минерально-витаминного питания несушек. По данным ряда авторов толщина скорлупы в некоторой мере определяет интенсивность испарения воды из яйца [139, 174, 177], т. к. влияет на длину и извитость канальцев пор в скорлупе яйца.

Измерения толщины скорлупы проводят — на «экваторе», тупом и остром полюсах с последующим усреднением результата.

*Пористость* скорлупы определяют с помощью окрашивания поверхности высушенной скорлупы без подскорлупной пленки спиртовым раствором метиленовой сини (0,1-0,5 %) до появления раствора в порах на поверхности скорлупы. Окрашенные и хорошо заметные поры считают на четырех участках скорлупы с площадью каждого по 0,25 см<sup>2</sup>, затем суммируют, получая число пор на 1 см<sup>2</sup> [147,179].

*Масса скорлупы*, по мнению ряда авторов, является косвенным показателем ее толщины и прочности [147, 177, 178]. Так, П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, Е.В. Осипова, установили, что относительная масса скорлупы с ее прочностью имеет более высокий коэффициент корреляции ( $r=0,4-0,6$ ), чем с упругой деформацией скорлупы. Для определения этого показателя яйцо и

скорлупу (без подскорлупной пленки) взвешивают с точностью до 0,01 г, а затем вычисляют отношение (в %) [176,178].

Кроме того, качество скорлупы яиц определяется, по мнению ряда авторов, ее пигментацией [35,181], шероховатостью [147,177], поврежденностью, загрязненностью, мраморностью [177] и т. д. Эти показатели характеризуют не только качество скорлупы, но и в целом биологическую ценность и товарные качества всего пищевого яйца. Однако для перепелиных яиц эти показатели менее значимы, кроме поврежденности скорлупы, т.к. часто зависят от породной принадлежности (пигментация), а из-за темной и пестрой скорлупы мраморность и загрязненность заметны мало.

*Пигментация* скорлупы яиц определяется визуально. Связь пигментации скорлупы с продуктивными качествами птицы и ее влияние на результаты инкубации куриных и перепелиных яиц весьма подробно рассмотрены S.K. Saylam, A. Okumus, S. Krystianiak S. Nowaczewski and H. Kontecka, S.Kudret, A. Okumus, А.Л. Венскевич и др.[35,52,222,228,233,249].

*Шероховатость и мраморность (пятнистость)* являются показателями, указывающими на интенсивность и направленность минерального обмена веществ, а поэтому могут опосредованно влиять на их качества особенно при хранении яиц [176,177]. Оба эти показателя оцениваются визуально с использованием разработанных оценочных шкал [147,179].

*Мраморность* характеризуется наличием на скорлупе светлых пятен различной величины. В чрезвычайно мраморной скорлупе наблюдается тенденция к уменьшению числа пор. Поэтому потеря массы происходит путем диффузии воды на участках с повышенным содержанием органических веществ. Мраморность (пятнистость) скорлупы оценивают глазомерно по общей площади, занятой прозрачными пятнами, точками или полосками, хорошо видимыми при просвечивании на овоскопе [147,179].

По мнению ряда исследователей между основными показателями качества скорлупы – упругой деформацией и плотностью яиц, относительной массой,



прочностью скорлупы на раздавливание существует связь и довольно высокая [175,176,177,178,219,239].

**Плотность яиц** — отношение массы к его объему — зависит, в основном, от относительной массы скорлупы и величины его воздушной камеры (свежести яйца). Определение прочности и связанной с ней толщины скорлупы по плотности яиц основано на существенной разнице между плотностью скорлупы и плотностью содержимого яйца [147,177]. Чем толще скорлупа и больше сухих веществ в яйце, тем выше его плотность. Исключением может быть повышенное содержание сухих веществ желтка за счет жира, который, наоборот, уменьшает плотность яйца.

В силу различий плотности яиц их масса при совершенно одинаковой величине (объеме) может существенно колебаться. В связи с этим ряд авторов указывает на использование показателя плотности яиц для определения их свежести [123,147,176,264].

Изучая плотность яиц, полученных от японской породы перепелов, Ф.Ф. Алексеев и Л.С. Белякова указывают, что она достоверно изменялась от 1,070 до 1,062г/см<sup>3</sup> с увеличением возраста птицы [6]. О влиянии возраста на плотность уже индюшиных яиц указывают в своей работе Дядичкина Л.Ф., Гупало И.М., Позднякова Н.С., Мелехина Т.А. [57].

Плотность яйца измеряют с помощью солевых растворов различной концентрации, о которой судят по показаниям ареометра. Если яйцо, погруженное в один из растворов, находится во взвешенном состоянии (не тонет и не всплывает), то его плотность соответствует таковой данного раствора [25,147].

Плотность определяют и другим методом - двукратным взвешиванием яйца (или всей пробы яиц) сначала обычным способом, а затем в дистиллированной воде при температуре 20°. Разность между величинами этих взвешиваний равна объему яйца (см<sup>3</sup>), а масса (в воздухе), деленная на объём, дает плотность яйца (г/см<sup>3</sup>) [176,179,264].

П. П. Царенко указывает, что площадь поверхности скорлупы яйца (S) приблизительно может быть вычислена по формуле  $S=0,833M+22,3$  [174].

Знание физико-химических свойств яиц необходимо для оценки их хозяйственных показателей и качества, а также для различного рода инженерных расчетов и опытно-конструкторских работ с целью совершенствования технологии сбора и хранения яичной продукции.

**Качество белка** характеризуют его питательную ценность и их косвенно можно определить по показаниям коэффициента рефракции белка и желтка с использованием рефрактометра. Среднее значение рефракции белка составляет 1,356-1,357. Видовые отличия по этому показателю у сельскохозяйственной птицы незначительные. Самым высоким коэффициент рефракции желтка считается у водоплавающей птицы. Так, у уток и гусей он составляет 1,422 и 1,423 соответственно, самым низким – в желтке куриных яиц (1,417), у индеек и перепелок – 1,418 [23,25].

А.Л. Романов и А.И. Романова, П.П. Царенко и Л.Т. Васильева, P.D. Lerore и другие обращают внимание на то, что изменение коэффициента рефракции возможно по целому ряду причин (порода, кросс, кормление, условия содержания и т.д.) [139,176,177,225]. Однако наиболее важными являются условия и длительность хранения (за счет испарения воды через поры скорлупы и диффузный переход ее в желток)

*Показатель плотности фракций белка* измеряют в градусах на специальном крутильном маятнике по величине угла затухания его первого колебания. Чем плотнее консистенция белка, тем больший угол затухания.

Следует отметить, что генетическое влияние на качество яичного белка достаточно слабое. По данным С.И. Боголюбского коэффициент наследуемости высоты плотного белка – 0,25 с колебаниями от 15 до 55% [26]. I. Dunn изучая генетическую изменчивость качества белка яиц указывает на перспективы отбора яиц для улучшения их качеств [206], а

D.G.Poggenpoel в своей работе предлагает 2 вида отбора птицы по качеству белка яиц [241].

В литературе неоднократно указывалось, что качество белка в яйце находится под значительным влиянием условий кормления и содержания птиц и зависит от возраста [26,30,51,98,107,116,148,159,201,238].

По данным литературы увеличение массы куриного яйца на 1 г влечет за собою повышение содержания белка на 0,2%. Определено, что масса белка сильнее связана с массой яйца ( $r=0,82-0,85$ ), чем масса желтка ( $r=0,51-0,70$ ) [49,177,208,223]. П.П. Царенко рассчитал, что каждый грамм прибавки массы яйца соответствует увеличению массы белка на 0.65 г. желтка - на 0.25 г, скорлупы - на 0.10 г [177].

В исследованиях, проведенных на перепелиных яйцах, Коршунова Л.Г. а также М. Ozcelik нашли, что абсолютная масса белка зависит от массы яйца, однако ею не установлена закономерность относительной массы белка и отношения *белок:желток* с увеличением массы яиц [85,234].

*Индекс белка* является одним из биофизических показателей белка яиц. Его определяют на основании показателей высоты и диаметров белка по формуле:  $ИБ (\%) = 2h/(d+D) \times 100$ , где  $h$  - высота плотного белка, мм;  $d$  - малый его диаметр, мм;  $D$  - большой диаметр плотного белка, мм.

По мнению большинства исследователей этот показатель косвенно свидетельствует о содержании сухого вещества в белке и характеризует биологическую свежесть яиц [147,177,212,234]. По данным методических наставлений «Биологический контроль при инкубации яиц сельскохозяйственной птицы» (2014) оптимальным значением высоты белка и индекса белка у куриных яиц является 6,5-7,7мм (5-9%), а у перепелиных - 9,4 мм (8%) [25]. Исследователи пришли к выводу, что на величину высоты белка и индекса белка оказывают влияние длительность и условия хранения яиц [174].

*Единица Хау* (EX) широко используется при определении качества яиц (белка). Считается, что чем выше этот показатель, тем выше качество яиц. Этот

показатель консистенции плотного белка яиц кур, связанного в первую очередь со свежестью яйца.

Единицы Хау можно определять по таблице на пересечении величины массы яйца (г) и высоты стояния наружного плотного белка (мм) при выливании содержимого яйца на плоское стекло. Высоту стояния белка измеряют на расстоянии 10 мм от желтка с помощью высотомера. Единицы Хау куриных яиц можно определить по формуле:  $EХ=100 \log (H-1,7 M^{0,37} +7,6)$ , где H - высота плотного белка, мм; M - масса яйца, г; 1,7; 0,37; 7,6 - постоянные коэффициенты, рассчитанные для куриных яиц. Ф.Ф. Алексеев и Л.С. Беякова при изучении влияния возраста на показатель ЕХ у яиц японского перепела пришли к выводу, что этот показатель уменьшается с 95 в 10-нед. возрасте птицы до 92 к 28-нед. возрасту [6]. Исследователи обнаружили, что с возрастом у птицы происходит снижение значения единиц Хау, так же как и при длительном или неправильных условиях хранения [57, 58]. Это находит подтверждение и у других авотров [177, 212].

В 80-х годах прошлого века N. Kondaiah совместно с B. Panda и R. Singhal рекомендовали для определения качества белка перепелиных яиц показатель – Международную единицу качества (IQU) подобный показателю единицы Хау для куриных яиц. Авторами предложено уравнение для расчета:

$IQU = 100 \log (H + 4,18 - 0,89989 \times W^{0,6674})$ , где H-высота белка в мм, W- масса яйца в г. Авторами было установлено, что величина IQU для свежих перепелиных яиц составляет 62,12 и что она положительно коррелирует с высотой белка ( $r=+0.85$ ), индексом белка ( $r=+0.82$ ) и индексом желтка ( $r=+0.50$ ) [220,221]. Позднее С. Imai и другие авторы в результате своих исследований, пришел к выводу, что IQU точнее оценивает внутренние качества перепелиных яиц, чем единицы Хау [214].

**Качество желтка** определяется также целым комплексом показателей: массой, подвижностью, пигментацией, высотой, диаметром, индексом желтка (ИЖ) и т. д. Подвижность желтка зависит не только от качества белка (разжиженность, обрыв градинок), но и от температуры яйца. Чем выше температура, тем при равных прочих условиях подвижнее желток. Это

объясняется различной величиной объемного расширения желтка и белка при нагревании. Поэтому оценивать подвижность желтка можно только при одинаковой температуре яиц [177].

Одним из важнейших показателей качества желтка является его *пигментация*, указывающая на количество каротиноидов в желтке. Чем ярче желток, тем больше предполагается в нем каротиноидов и тем выше его диетические свойства [17,78,82,98].

Оценивают пигментацию путем визуального сравнения ее интенсивности с соответствующим сегментом специальной цветной шкалы ВНИТИП. Номера сегментов с возрастающей интенсивностью цвета соответствуют определенному уровню каротиноидов в г. желтка.

Более широко используется шкала Роше, состоящая из 15 лепестков (Yolk Color Fan) или по цветной шкале BASF.

Пигментацию желтка и содержание в нем каротиноидов можно также определить по цветной шкале, состоящей из 10 пробирок (колбочек), наполненных 3,6 %-ным раствором хромпика ( $K_2Cr_2O_7$ ), дистиллированной водой и обезжиренным молоком [174].

В настоящее время кроме указанных способов определения каротиноидов в желтке широко используют спектрофотометрический метод, основанный на экстракции каротиноидов из пробы или осадка, предварительно полученного путем обработки пробы растворами Карреза I и Карреза II, с последующей очисткой выделенного препарата петролейным эфиром и спектрофотометрическим определением массовой концентрации или массовой доли каротиноидов. Однако наиболее точным, но более трудоемким является химический метод определения суммы каротиноидов [25].

*Индекс желтка* определяют по процентному соотношению высоты желтка, вылитого на стекло (не выпущенного из белка), к его среднему диаметру растекания.

В связи с тем, что питательная ценность яйца во многом зависит от качества желтка, оценке этой части яйца придается особое внимание

[153,158,251]. Оптимальным отношением белка к желтку раньше считалось 1.7-1.9 [176,177]. Однако значительное укрупнение яиц у современных кроссов привело к увеличению белка в яйцах. Коршунова Л.Г. считает, что у перепелиных яиц связь массы с отношением белка к желтку имеет криволинейную направленность, но в целом с уменьшением массы яйца падает отношение «белок:желток» [86]. Ряд исследователей пришел к выводу, что с возрастом птицы соотношение «белок:желток» падает [258,231,234,226].

Из данных литературы ясно, что показатели качества яиц тесно связаны друг с другом. Выявление этих взаимосвязей, является важнейшей частью мероприятий по улучшению качества яиц.

## 1.2 Требования к качеству перепелиных яиц

Яйцо птицы содержит полный набор жизненно необходимых питательных и биологически активных веществ. Тесный контакт этих веществ в полужидкой среде приводит к активным химическим реакциям и к быстрому старению яйца [9,33,104,105,111,144]. Этому способствует выход через поры скорлупы инертного углекислого газа и вход агрессивного кислорода воздуха. Разность осмотического давления между составными частями яйца приводит к миграции низкомолекулярных веществ, ускоряющих химические реакции. В процессе хранения яйцо теряет воду (усыхает). Длительное хранение, особенно в неблагоприятных условиях температуры и влажности, разрушает «бастион» биологической защиты яйца от микробной атаки, что приводит к полному его разложению [33,54,59,60,63]. Поэтому **свежесть** скоропортящегося яйца является важнейшим признаком его оценки при сдаче-приемке партий на торговые базы, в магазины, в инкубатории.

Установлено, что определять свежесть яиц по дате их снесения или сортировки возможно, но далеко не всегда. Все зависит от условий, в которых находилась продукция на момент оценки. На старение яиц в большой степени

вливают температура и относительная влажность воздуха, ускоряя или замедляя этот процесс, иногда в десятки раз [54,59,60,63].

В связи с этим о свежести яиц можно судить по *высоте воздушной* камеры, измеренной с помощью штангенциркуля или шаблона при просвечивании яиц на овоскопе. Объективным показателем свежести является потеря массы: чем меньше потеря, тем свежее яйцо. Косвенно потерю массы пищевых и инкубационных яиц определяют – по размерам воздушной камеры (пути), стартовая величина которой небольшая и примерно одинаковая [160,174,198,203,229].

У свежих перепелиных яиц желток занимает центральное положение, он неподвижен. Контуры его не видимы или видимы очень слабо. Ясная видимость контуров желтка, несколько смещенного от центральной части яйца, разжиженность белка, большая воздушная камера характерны для яиц низкого качества [23,105,191].

Свежесть перепелиных яиц оценивают с помощью: органолептических, физических и химических методов.

Потребительские требования к пищевым яйцам базируются на их качестве (масса, целостность скорлупы и др.), свежести (длительности хранения), стоимости, а у куриных яиц – на пигментации скорлупы и желтка, наличии в них полезных добавок (селена, йода и т.д.) [2,46,73,104,105,144]. Большая часть этих требований включена в Национальные стандарты РФ для пищевых яиц кур, перепелок, индеек, цесарок и даже страусов. Требования, предъявляемых к пищевым перепелиным яйцам значительно меньше в связи с небольшим выбором продукции данного вида на прилавках магазинов. В основном, приобретая перепелиные яйца, покупатель обращает внимание на длительность хранения (ориентируясь по дате сортировки указанной на контейнере или упаковке) и на стоимость продукта. Национальный стандарт РФ – ГОСТ Р 53404-2009 «Яйца пищевые (индюшиные, цесариные, перепелиные, страусиные), который был создан на базе уже существовавших стандартов в 2012 году был

преобразован в Международный стандарт 31655-2012, выпущенный в 2013 году [44].

Впервые о стандарте на перепелиные яйца начали говорить в 70-х годах прошлого столетия. М.Д. Пигарева указывала в своей работе, что отсутствие технических условий на продукцию перепеловодства тормозит развитие этой отрасли птицеводства [120].

Основным требованием, предъявляемым к яйцам перепелов, является по мнению М.Д. Пигаревой, соответствие их определенной минимальной массе (10г), но без разделения по величине их массы на категории. Уже при создании первого стандарта на перепелиные яйца один из его авторов, М.Д. Пигарева, указывает на необходимость определения свежести яиц, обращая внимание на то, что этот показатель у перепелиных яиц путем овоскопирования определить затруднительно из-за темной окраски скорлупы. Поэтому автор при необходимости предлагает использовать их удельный вес (плотность) и приводит данные определения срока хранения с 8-х по 16-е сутки, по количеству всплывших яиц, считая, что свежие яйца (т.е. пригодные в питание) должны иметь плотность не менее  $1\text{г}/\text{см}^3$  а значит тонуть при погружении их в воду. Так, на основании данных, полученных в своих исследованиях, М.Д. Пигарева обнаружила, что при хранении 8 суток число яиц с плотностью менее 1 (т.е. всплывающих) составляет 0%, хранения 11 суток – 3 % яиц, при 16 сутках всплывало уже 11% яиц [119,120].

Автором указывается, что у перепелиных яиц необходимо определять содержание витамина А. В качестве минимального показателя содержания витамина А в яйцах перепелов рекомендуется принять – 18 мкг в 1г желтка. М.Д. Пигаревой особое внимание при создании стандарта на перепелиные яйца было уделено длительности и условиям хранения перепелиных яиц. Автором указывается, что хранение яиц не должно превышать 8 суток со дня снесения и происходить при температуре  $2-15^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха 60 – 70%.



Автором были предложены упаковки на 10, 20 или 50 яиц с обязательным указанием основных данных, характеризующих продукцию (поставщик, дата снесения яиц, некоторые данные о питательности яиц) [120].

На основании проведенных исследований был разработан республиканский стандарт «Яйца домашних перепелов», который был утвержден Госпланом РСФСР (РСТ 298-72). Затем Государственный агропромышленный комитет РСФСР утвердил технические условия «Яйца перепелиные пищевые» (ТУ РСФСР 398-89). В 1992г. С. Рванкин указывает, что в НПО «Комплекс» была разработана нормативно-техническая документация для промышленного перепеловодства, в том числе на перепелиные пищевые яйца. По этим документам определялась минимальная масса пищевых перепелиных яиц – 10 г, плотность яиц –  $1 \text{ г/см}^3$ , а скорлупа яиц должна быть чистой и неповрежденной. Хранение яиц должно происходить по разработанным нормам при температуре 0-20°C и влажности 75-80%, однако четкого определения сроков хранения в этом документе определено не было [136].

Современный действующий стандарт на пищевые перепелиные яйца ГОСТ 31655-2012 «Яйца пищевые (индюшиные, цесариные, перепелиные, страусиные) по сути является «гибридом» первого стандарта и последующих стандартов на пищевые куриные и перепелиные яйца. [43,44]. В современных стандартах на пищевые перепелиные яйца, несмотря на то, что прошло более 40 лет минимальной массой яиц считается 10 г, без деления яиц по весовым категориям. В настоящее время большинство перепелиных хозяйств работают уже с более крупной птицей: эстонская порода, фараон, улучшенная японская порода, что делает малоэффективным использование столь маленькой допустимой для реализации массы перепелиных яиц. При этом в стандарте указано, что масса 300 яиц должна быть не менее 3 кг, что не исключает наличие в любой выборке яиц менее 10 г. Кроме того, в торговых сетях реализуются яйца «Особо крупные» с массой выше 15 г по более высоким ценам. Вероятно, с учетом происшедших изменений с птицей для перепелиных яиц следует откорректировать стандарты по их массе.

В последних стандартах на пищевые перепелиные яйца также определены сроки хранения яиц, Правда, и длительность хранения, и условия несколько отличаются от допустимых показателей первого стандарта, что вероятно связано с получением на основании исследований более глубоких знаний, касающихся перепелиного яйца, и происшедшими изменениями яиц у самой птицы за этот длительный период ее использования. Следует обратить внимание, что в современном стандарте свежесть яиц предлагается определять только на овоскопе измеряя высоту воздушной камеры; при этом не указывается мощность источника света, однако четко прописаны размеры воздушной камеры, соответствующие диетическим и столовым яйцам. При этом не указывается число яиц необходимое для получения достоверной информации о высоте воздушной камеры [104,105].

Для перепелиных яиц ГОСТом 31655-2012 «Яйца пищевые (индюшиные, цесариные, перепелиные, страусиные)», также как и прошлом стандарте ГОСТ Р 53404-2009 указывается, что в зависимости от сроков хранения яйца подразделяют по классам на диетические (со сроком хранения не более 11 суток) и столовые (при хранении от 12 до 30 сут.) [43,44].

При этом в стандарте даны признаки диетических и столовых яиц. Так, у диетических перепелиных яиц должна быть неподвижная воздушная камера высотой не более 2 мм; прочный, едва видимый желток, с невидимыми контурами, стабильно занимающий центральное положение в яйце, плотный, светлый, прозрачный белок. У столовых перепелиных яиц допускается некоторая подвижность воздушной камеры, высота которой не должна превышать 3 мм; прочный, мало заметный, перемещающийся от центрального положения желток и недостаточно плотный, светлый, прозрачный белок.

Перенос качественных характеристик (состояние воздушной камеры, положение желтка, плотности и цвета белка) из ГОСТа куриных яиц в ГОСТ Р 53404-2009, а впоследствии в ГОСТ 31655-2012 «Яйца пищевые (индюшиные,

цесариные, перепелиные, страусиные)» произведен автоматически без учета особенностей перепелиных яиц и возможности их оценки [43,44,46].

Большое внимание уделено в ГОСТе условиям хранения. Так, по сравнению с первым ГОСТом границы температуры хранения перепелиных яиц стали более узкими (0°С до 8 °С), при относительной влажности воздуха 75 - 80% [43].

В действующем стандарте указано, что хранение мытых яиц должно осуществляться не более 12 суток при температуре от 0°С до 8°С и относительной влажности воздуха от 65% до 95% .

Одной из негативных особенностей действующего стандарта является пункт 8.2.4, который делает ненужными рекомендации стандарта о длительности и условиях хранения. Так, в действующем стандарте указывается, что срок годности устанавливает производитель с указанием условий хранения.

Яйца сортируют, маркируют и упаковывают в течение суток после снесения. Вследствие незначительных размеров перепелиных яиц, маркировку производят не на яйце, а на упаковке [46,103].

В стандартах допускается обработка яиц специальными моющими средствами, разрешенными к применению на территории государства, использующего данный стандарт.

На каждую упаковочную единицу потребительской тары наносят маркировку, характеризующую продукт: наименование и местонахождение производителя (юридический адрес), товарный знак изготовителя (при наличии), наименование продукта, вид и класс, дату сортировки, число яиц, срок годности и условия хранения, пищевую ценность, обозначение настоящего стандарта, а также информацию о подтверждении соответствия [1,46,103].

Диетические яйца упаковывают только в потребительскую тару. На потребительскую тару с диетическими яйцами наклеивают легко снимаемую этикетку со словами "Диетические яйца". После окончания срока хранения диетических яиц этикетку удаляют, и они переходят в класс "Столовые яйца"[1].

Яйца должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и производиться с соблюдением требований, действующих на территории государства, принявшего стандарт. К сожалению, в настоящее время в хозяйствах при реализации продукта в основном ссылаются не на ГОСТ, а на технические условия, разработанные в большинстве хозяйстве индивидуально.

Обращает на себя внимание, что в ТУ, используемых в хозяйствах, указываются не только разные условия хранения яиц, но и разные допустимые сроки реализации. В связи с этим ВНИИПП были разработаны технические условия (ТУ 9846-349-23476484-2008), выполнение которых необходимо при производстве и реализации перепелиных яиц.

### **1.3 Динамика показателей качества яиц при хранения**

Яйцо птицы является неустойчивой физико-химической системой. Особенности строения и неодинаковое распределение химических веществ вызывает неизбежный процесс биохимического распада. Этому способствует проницаемость скорлупы яйца для газов, влаги и микробов, т.е. неполная изоляция белка и желтка от внешней среды. В результате химических, коллоидальных и физических изменений с течением времени происходит старение, а затем и полная порча яйца [33,47,53,60,67,128,129].

Поэтому яйцо претерпевает постоянные изменения, степень которых в значительной мере зависит от внешних факторов.

В яйце непрерывно протекают процессы физиологического распада, что является нормальным явлением для яйца [33,59,60,139,224,243,250].

Ряд исследователей (Н.С. Акимова, Л.Ф. Дядичкина и Н.С. Позднякова, А.Б. Рудаевская, Ю.Р. Сафиулова, П.П. Царенко, М. Shanaway и многие другие) свидетельствует, что с течением времени яйцо подвергается значительным изменениям, причем некоторые, наиболее резко выраженные из них могут быть обнаружены в интактном яйце, однако значительно больше таких изменений

обнаруживается при более глубоком исследовании их внутреннего содержимого яиц при хранении [1,4,60,135,144,174,198,202,205, 207, 218, 248,250,264, 269].

Ряд исследователей указывает, что скорость, с которой наступают эти изменения внутри яйца не всегда одинакова, Она определяется физико-химическими особенностями яйца и в значительной степени зависит, от изменений окружающей среды, особенно от температуры и влажности [33,34,47, 53,60,67,97,110,192,197,251,268].

По мнению ряда исследователей биологическое и торговое понятие «свежесть» яйца не одно и то же. Теоретически свежим можно назвать только что снесенное яйцо. Однако реализуемое яйцо, как продукт питания, может быть отнесено к свежим, если при просвечивании не обнаруживаются изменения внутри яйца, а его воздушная камера остается сравнительно небольшой. При правильном сборе яиц и хранении в надлежащих условиях они могут сохранять свою торговую свежесть в течении нескольких недель после снесения [144,174, 177].

Биологическая свежесть ограничена сроками сохранения жизнеспособности зародыша. Эти сроки весьма ограничены. «Возраст» яйца зависит как от первоначальных особенностей яйца, так и от условий его хранения [38,139,174]. В процессе изучения изменений, происходящих в яйце при хранении А.А. Романовым и А.И. Романовой, П.П. Царенко, Л.Т. Васильевой, Л.А. Поповой, А.С. Комарчевым, А.О. Raji, D. Narahari, К.А. Mujelr, A. Thangavel и другими исследователями были проведены работы, направленные на определение признаков интактного яйца и его частей, подвергающихся изменению при хранении [29,35,128,135,139,143,174,179, 214,243,245, 247].

Заметные изменения у интактных яиц могут проявляться в потере массы и плотности яйца, увеличении (обнаруживается при просвечивании) воздушной камеры, а иногда в появлении осязательного запаха.

### 1.3.1 Биофизические изменения интактных яиц

*Потеря массы* (усушка) является одним из наиболее наглядных признаков старения яйца. При постоянстве окружающих условий потеря массы по данным Романова А.А. и Романовой А.И. происходит почти в линейной зависимости от времени. Однако, ссылаясь на работы ряда исследователей, авторы указывают, что по отношению к первоначальной массе яйца её дневная потеря уменьшается по мере хранения. При этом ряд исследователей обращают внимание, что при одинаковых условиях хранения интенсивность потери массы яиц при хранении зависит от величины яйца, т.е. от относительной поверхности испарения [38,67,128,129,139,155,174], а также от проницаемости скорлупы, от количества пор на см<sup>2</sup> и толщины скорлупы [139]. Так, П.П. Царенко указывает, что чем выше пористость скорлупы куриных яиц, тем быстрее снижается масса их при хранении [177].

Высокая температура (30-32°C) и низкая относительная влажность воздуха (40-50%) ведет к интенсивной потере массы яиц (0,3-0,4% в сутки), главным образом за счет испарения влаги из белка. В нормальных условиях масса куриных яиц при хранении уменьшается на 0,10-0,15% в сутки [177]. Попова Л.А., Комарчев А.С., исследуя изменение качества перепелиных яиц при хранении в условиях 10-12°C относительной влажности 70-80 % указывают, что после 5 сут. у яиц выявлены незначительные изменения их биофизических показателей, при 10-суточном хранении яйца усыхают на 4-5,6%, снижении индекса белка на 0,8 - 5,3%, плотность яиц на 1,9-2,1%. При хранении перепелиных яиц в течение 15 суток потеря массы составила 12,1% [128].

П.П. Царенко, Л.Т. Васильева сообщают, что при температуре 28°C и 82% относительной влажности воздуха потеря массы куриных яиц за 2 мес. хранения составляет примерно 13% (около 7г), а при 0,5°C и той же влажности – менее 1% [174].

При температуре 15°C и относительной влажности 75% куриное яйцо теряет в среднем по данным П.П. Царенко около 0,1% массы за сутки. Снижение

относительной влажности с 75 до 50% ускоряет потерю массы куриных яиц при той же температуре в 1,5 раза [177].

Похожие результаты были получены в работе Величко О.А. и Лукашенко В.С. Авторами было обнаружено, что при суточном хранении в условиях различных температур (от 8 до 20°C), но при относительной влажности воздуха 60-70% потери массы куриных яиц составили 0,20-0,23%, а при хранении до 25 суток потеря массы яиц составила в зависимости от температуры от 3,82 до 7,42% [32,33,34]. П. Царенко сообщает, что при температуре 15°C и относительной влажности 75% плотность куриного яйца за сутки хранения уменьшается в среднем на 0,0015 г/см<sup>3</sup>, а при температуре 28°C и влажности 50% - на 0,0034 г/см<sup>3</sup> [264]. .

П.П. Царенко, Л.Т. Васильева указывают, что на потерю массы яйца влияет толщина скорлупы [174].

Влажность воздуха при хранении зависит от материала упаковки яиц. По данным журнала «Poultry International» при хранении в холодильнике в картонных контейнерах и в открытом лотке суточная усушка куриных яиц составила 0,112 и 0,154 %, а при комнатной температуре – 0,215 и 0,245 % соответственно.

Ряд авторов пришел к выводу, что убыль массы яиц в граммах практически совпадает с увеличением объема воздушной камеры в кубических сантиметрах [34,192].

*Увеличение воздушной камеры яйца.* После снесения, в яйце, вследствие сжатия его внутреннего содержимого при остывании, происходит появление воздушной камеры.

При относительной влажности 75-85% высота воздушной камеры куриных яиц за 60 дней хранения по сравнению с 3-дневным увеличилась при температуре -2°C в 2,1 раза, а при 20°C – в 5,2 раза. О.А. Величко и В.С. Лукашенко указывают, что при хранении яиц 25 суток при температуре 16-20°C и относительной влажности 60-70% высота воздушной камеры составила 8,78мм [34].

Обычно при реализации яиц потерю массы и увеличение воздушной камеры принято называть «усушкой».

Романов А.А., Романова А.И., Царенко П.П., Васильева Л.Т. указывают, что в начале видимые границы диаметра и высоты воздушной камеры быстро увеличиваются, но вскоре темп этого увеличения замедляется и в конце концов у старых яиц становится совсем небольшим [139, 174,176]. П.П. Царенко, Л.Т. Васильева объясняют это влиянием формы и массы яиц [174,176]. Романов А.А., Романова А.И. считают, что объем воздушной камеры с течением времени увеличивается с постоянной скоростью [139].

*Изменения в скорлупе.* По мере старения яйца скорлупа начинает приобретать характерный блеск, что объясняется разрушением кутикулы (надскорлупной оболочки) [147,176]. У свежеснесенных яиц скорлупа матовая. Однако это к перепелиным яйцам относится не всегда. А.Л. Венскевич замечено, что среди перепелиных свежих яиц примерно 50-70% имеют характерный блеск, остальная часть яиц обладает матовой и часто несколько шероховатой скорлупой, в связи с чем этот показатель для перепелиных яиц можно использовать с большой осторожностью [35].

*Пятнистость («мраморность»)* скорлупы. На скорлупе яйца иногда возникают пятнистые области с повышенной светопрозрачностью; иногда они легко различимы, но обнаруживаются только при просвечивании. Это возникает, главным образом, из-за неравномерного распределения влажности в скорлупе. Однако это не является показателем возраста яйца [222, 230].

*Снижение плотности яйца.* По мере потери массы яйцом и увеличения воздушной камеры снижается его плотность, так как объем его остается постоянным. Снижение плотности яиц имеет четкую отрицательную зависимость от длительности хранения [147,177].

*Флуоресценция скорлупы.* Впервые о влиянии хранения на показатель флуоресценции скорлупы указали А.А. Романов и А.И. Романова, сославшись на ряд работ [139]. Они указали, что со временем хранения основной цвет флуоресценции скорлупы изменяется на фиолетовый, а затем на голубоватый, а



С.И. Боголюбский и Н.Б. Рыбалова в своих исследованиях обращает внимание, что фиолетовый цвет разной интенсивности скорлупа яйца приобретает даже при кратковременном хранении яиц на свету [26,140].

*Изменение запаха.* По мнению ряда исследователей при хранении яиц они могут приобретать характерный затхлый запах, проникающий через скорлупу [139,147,176,177]. Однако следует учесть, что яйца имеют способность хорошо абсорбировать любые запахи, не зависимо от длительности хранения [92,209].

*Изменение цвета.* При старении куриных яиц цвет внутреннего содержимого может изменяться. Замечено, что при старении яиц желток обычно темнеет, иногда становится пятнистым, особенно заметным это становится при неблагоприятных условиях хранения [194], а белок обладает зеленоватым или желтоватым цветом и при этом он может иметь мутную консистенцию [147,176,177]. Цвет внутреннего жидкого белка по данным некоторых исследователей становится несколько темнее наружного жидкого слоя [139].

*Изменения вкуса.* По мере старения яйца в нем развивается характерный «лежалый» привкус, первоначально в желтке, а затем и в белке. А.А. Романов и А.И. Романова предполагают, что появление такого привкуса в яйце связано с изменением жировых веществ, содержащихся в желтке [139].

*Общий вид содержимого яйца.* «Возраст» яйца отражается на внутреннем его составе. При длительном хранении яйца его желток не будет занимать центральное положение в белке, его положение в яйце зависит как от плотности белка, так и от плотности желтка.

У свежеснесенного яйца слой плотного белка (белочный мешок) хорошо выделен в виде овала вокруг желтка и имеет густую желатинообразную консистенцию. Со временем высота плотного белка уменьшается, вначале быстро, а затем медленнее; он становится менее плотным и тонко растекается по поверхности, что делает его совершенно не различимым и весь белок тогда выглядит жидким. Особенно быстро «старение» яиц происходит при 20°C – плотный белок куриных яиц полностью разрушается уже на 30-е сутки [177].

Подобные изменения высоты белка определяются показателями высоты белка, индексом белка, единицами Хау (у куриных яиц) и Международными единицами качества (IQU) (у перепелиных) яиц [174,220,221].

Высокая температура при хранении яиц приводит к быстрому снижению индексов белка и желтка [105,135,139,174]. Так, А.Б. Рудаевская указывает, что хранение яиц при температуре 32°C снижает индекс белка за первые 20 ч хранения может снизиться на 40%, в то время как при температуре -1°C в течение 6 мес. он может сохраниться на уровне свежего яйца [135].

Изменение единиц Хау при хранении имеет ту же закономерность, что и индекс белка. У свежего яйца единицы Хау будут соответствовать 73,5, при хранении 2 суток – 70,6, при 7 – 63,4, при 14 – 52,5 и на 21 сутки – 43,0 [177].

Одновременно с уменьшением массы белка в яйце увеличивается и уплощается желток, снижается его высота, эластичность желточной оболочки.

Во время хранения желток мигрирует к периферии яйца. Чем выше температура и ниже влажность воздуха при хранении, тем выше всплывает желток. Степень эксцентричности желтка зависит по мнению П.П. Царенко от положения яйца во время хранения [177].

### **1.3.2 Изменение качества составных частей яйца при хранении и их биологическое обоснование**

С увеличением продолжительности хранения либо при воздействии повышенной температуры снижается качество яиц в связи с изменениями морфо-биохимических показателей [9,33,47,135,224,243].

*Передвижение воды в яйце.* В начале хранения яйца белок теряет воду не только путем испарения через скорлупу, но и благодаря диффузии ее в желток. Нарушается слоистость белка, и он приобретает жидкую консистенцию из-за активного разрушения овомуцина. Снижаются: высота и индекс белка, число единиц Хау, плотность яиц; коэффициент рефракции повышается, происходит

частичная денатурация протеинов; рН сдвигается в щелочную сторону до 9,0-9,5, что сопровождается почти полной потерей активности лизоцима [34,67,92,135].

Сначала содержание воды в желтке несколько увеличивается за счет диффузного перехода воды из белка в желток. Акимова Н.С., Крындушкина Т.К., изучая качество яиц кросса «Хайсекс белый», обнаружили, что при хранении яиц количество влаги в желтке увеличилось на 1,7% [4]. Желток, принимая воду (около 0,1 г в сутки при 10°C), теряет плотность и увеличивается в объеме. Следовательно, во время хранения соотношение между желтком и белком по массе изменяется. Для куриных яиц, находящихся на хранении при 20°C. Так при 2 сутках хранения яиц, отношение массы белка к желтку 2,13; при 7 сутках - 2,00; 14 сутках – 1,82 ; 21 сутках – 1,75 [135,174].

Уменьшение массы желтка в процессе хранения наступает значительно позже. Вода переходит из желтка в белок, а оттуда наружу. При осмотре белка только что снесенного яйца белок выглядит водянистым. Затем он из-за потери воды он непрерывно густеет. Это подтверждается показателем преломления.

В свежеснесенном яйце из-за наличия желточной оболочки создается разница осмотического давления, достигающая 1,8 атм.

А.А. Романов и А.И. Романова, П.П. Царенко, Л.А. Попова, А.С. Комарчев, Л.Т. Васильева и др. указывают, что при сильном обезвоживании белок и желток значительно уменьшается, а большинство пространства под скорлупой занимает воздушная камера. Белок сморщивается до тонкого слоя; он становится густым и приобретает желтоватый цвет. Желток при хранении увеличивается в размере, он становится более жидким, теряется его упругость. Желточная оболочка теряет эластичность и рН постепенно повышается до 6,8, происходят разложение жиров и распад азотистых соединений. При хранении часто изменяется и цвет желтка, он становится более темным, иногда пятнистым. У яиц, хранившихся более 7 суток, кислотное число желтка превышает норму (5 мг КОН на 1 г желтка), содержание витамина Е в желтке снижается в 1,5-2 раза [82,128,139, 174].

Многочисленными исследованиями установлено, что при уменьшении общего количества белка наиболее быстро уменьшается масса наружного плотного белка, а объем наружного жидкого белка пропорционально увеличивается. При этом соотношение количества различных слоев белка изменяется быстрее при повышении температуры и мало зависит от относительной влажности окружающей среды [135,139,174,215]. S. Nowaczewski, указывает на криволинейную зависимость качества белка в яйцах при хранении в зависимости от их массы [232].

Старение яйца сопровождается выраженными изменениями его физических свойств. В основном эти изменения связаны с перемещением воды и потерей углекислого газа [4,9,104,105, 202,250].

При хранении яиц, по мнению ряда авторов, интенсивность химических изменений зависит не столько от длительности, сколько от условий хранения. [9,33,34,128,129,135,215,264].

*Биохимические процессы при «старении» яиц.* Под действием собственных ферментов в белке и желтке протекают процессы химического и физического изменения в яйце, указывающие на его «старение». Автолитическим изменениям подвергаются все основные фракции содержимого яйца: углеводная, белковая, липидная.

Общее направление развития автолитических изменений в неоплодотворенном яйце – распад сложных систем под воздействием ферментов на более простые, высокомолекулярных соединений – на низкомолекулярные.

Т.О. Азарнова с сотрудниками, изучая способы профилактики негативных последствий при длительном хранении инкубационных яиц указывает, что под влиянием ферментов разрушается структура волокон овомуцина и происходит разжижение белка сопровождаясь почти полной потерей активности лизоцима. Индекс белка понижается с 6...7 до 3...4% и зависит от температуры и продолжительности хранения [3].

Изучая химический состав яиц, полученных от японских перепелов, Ф.Ф. Алексеев и Л.С. Белякова установили, что рН свежего перепелиного яйца колебалось в пределах 5,71-6,01 и не зависело от возраста птицы [6].

В результате биохимических изменений содержимого яйца повышается величина рН за счет выделения из яиц углекислого газа и накопления аммиака. При длительном хранении яиц рН белка увеличивается с 7,8 у только что снесенного яйца до 9,0...9,5. О значительных изменениях рН белка и желтка в процессе хранения свидетельствуют исследования А.Б. Рудаковской, П.П. Царенко, D.C. Deeming и др. [34,135,174, 202,250].

С. Саркисян, В. Аброян, Э. Мхчян, изучая содержание аминокислот в белке яиц в процессе длительного (25 сут.) хранения яиц кур, пришли к заключению, что общее количество аминокислот изменяется незначительно, однако наблюдается уменьшение содержания почти всех незаменимых аминокислот, кроме лейцина и фенилаланина. Авторы отмечают, что за 25 сут. хранения снижается количество многих заменимых аминокислот, кроме гистидина и аргинина [143].

Ряд исследователей указывает, что разложение жиров происходит очень медленно. Под влиянием липолитических ферментов жир желтка медленно гидролизуется в течение всего времени хранения с образованием свободных жирных кислот. К концу третьего месяца хранения кислотное число увеличивается незначительно [104,105,139,194].

Углеводы (глюкоза) при хранении проходят через желточную оболочку из белка в желток. А.А. Романов и А.И. Романова, ссылаясь на работы других исследователей, указывают, что через 20 дней хранения при температуре 37° С содержание глюкозы в 100г белка снижается с 460 до 430 мг, а в 100 г желтка увеличивается с 245 до 275 мг [139].

По данным ряда авторов в процессе хранения яиц уменьшается содержание некоторых витаминов [104,105,250]. Особенно неустоек витамин А, который при хранении яиц в условиях низких температур разрушается до 75% [9,78].

Скорлупа, покрытая муциновым веществом кутикулы, и подскорлупная оболочка защищают яйцо от проникновения микроорганизмов внутрь. А.Б. Рудавская обращает внимание на то, что белок яйца обладает бактерицидными свойствами, поэтому при оптимальных условиях сбора и хранения яйца могут сохранять стерильность до 6 мес [135].

При нарушении защитных свойств яйца (удаление кутикулы, трещины в скорлупе, увеличении рН), его содержимое становится более восприимчивым к микробной порче.

При длительном хранении происходит не только выход влаги и  $\text{CO}_2$  из яиц, но и проникновение внутрь микроорганизмов, особенно если скорлупа загрязнена или не имеет надскорлупной оболочки (кутикулы). Поэтому, например, мытые яйца, лишённые кутикулы, заражаются гораздо быстрее, в связи, с чем их не рекомендуется хранить

На поверхности увлажнённой скорлупы разрастаются плесени развивающиеся до полного использования питательных веществ скорлупы и подскорлупной оболочки. На скорлупе яйца появляется белый налет. При влажности воздуха более 96% развиваются темные плесени.

Некоторые плесени способны прорасти через поры скорлупы и развиваться под ней с появлением на подскорлупной оболочке черных, желтых, красноватых и голубых пятен. Развитию плесеней способствуют большие колебания температуры, сопровождающиеся конденсацией влаги на поверхности яйца («отпотевание» яйца). При проникновении бактерий внутрь яйца начинается гнилостное разложение его содержимого. Белки, разлагаясь, образуют углекислый газ, сероводород, амиды с резким неприятным запахом. Происходит отщепление аммиака и образование масляной и других низкомолекулярных жирных кислот, придающих яйцу горьковатый привкус [9,104,135,176,177, 250].

Таким образом, из изложенного ясно, что одним из главных условий сохранения качества снесенного яйца является максимальное торможение в нем биохимических процессов. Чем раньше после снесения будут созданы эти условия, тем успешнее и длительнее можно сохранять первоначальные качества

яиц. В связи с этим для пищевых яиц продолжительность хранения (возраст) далеко не всегда отражает степень их старения. При благоприятных условиях хранения пищевые яйца могут быть отнесены к категории «свежие» в течение 1 мес. и более.

#### **1.4 Методы продления сроков хранения яиц**

Необходимость хранения яиц продиктована равномерными поставками продукции в торговлю при их реализации, а также особенностями технологии инкубации в хозяйствах. Первоначально изучение методов хранения яиц было вызвано прежде всего необходимостью длительного хранения инкубационных яиц при получении больших партий одновозрастного молодняка при сборе яиц от небольшой группы племенной птицы. При дефиците производства пищевых куриных и перепелиных яиц в регионе в то время проблема хранения не возникала. Однако, с ростом производства яиц, увеличением поставок яичной продукции из других регионов, а также с усилением внимания к качеству реализуемой продукции появилась острая необходимость изучения методов и режимов хранения пищевых куриных яиц. А.Б. Рудаевская, А.Л. Штеле и ряд других исследователей в своих работах указывают, что наивысшую вкусовую и питательную ценность имеют яйца со сроком хранения 3-7 суток, что связано с процессами их созревания в результате действия ферментов и выделения некоторого количества углекислоты, вызывающий соответствующий сдвиг рН [135,185,176,192].

Хранение инкубационных и пищевых яиц преследует разные цели. При хранении инкубационных яиц, прежде всего, следует сохранить жизнеспособность зародыша, а также оставить без изменения внутренние качества яйца [53,54,59,63,110,129]. При хранении пищевых яиц необходимо сохранить их питательные и товарные качества, обеспечить пищевую безопасность потребления продукта [79,135,144,174,176]. Однако методы,

используемые и в предынкубационном хранении и хранении пищевых и куриных яиц очень похожи. По мнению большинства исследователей все разработанные учеными и используемые в практике методы можно разделить по форме воздействия на яйца следующим образом: 1) методы температурного воздействия при оптимальных значениях относительной влажности воздуха; 2) методы с использованием различных газов; 3) методы, исключающие проникновение в яйцо кислорода воздуха и испарения влаги из яйца; 4) методы воздействия различных физических факторов на яйца.

*Методы температурного воздействия при оптимальных значениях относительной влажности воздуха.* Эти методы основаны на том, что чем ниже температура, тем сильнее тормозятся процессы старения и интенсивность роста патогенной микрофлоры в яйце [135,174].

Наиболее детально разработаны режимы хранения инкубационных яиц. В конце прошлого века оптимальными режимами хранения для куриных яиц яичных и мясных кроссов считалась температура 8-12°C и влажность 70-80%. В последние годы предлагаются дифференцированные (в зависимости от длительности хранения) температурные режимы [38,71]. Рядом исследователей были предложены методики, позволяющие хранить инкубационные яйца более длительное время. Здесь определенный интерес вызывают методики «верхнего обогрева» яиц, предложенные А.Л. Венскевич или методы периодического прогрева яиц в процессе хранения А.М. Сергеевой [36,147].

По мнению П.П. Царенко, перед отправкой на хранение или в торговлю яйца следует охлаждать в холодный период до 8-10°C, а в теплый – до 13-15°C [177]. Срок хранения яиц в этом случае не должен превышать 3 суток. По данным Б.Ф. Бессарабова, А.А. Крыканова, А.Л. Киселева куриное яйцо можно охладить до минус 0,5-1,0°C без нарушения целостности скорлупы. Длительное воздействие более низких температур приводит к замораживанию яиц, при котором скорлупа разрушается [23]. При повышенной температуре после снесения срок хранения яиц сокращается. О.А. Величко, В.С. Лукашенко, изучая



режимы хранения пищевых яиц, определили, что оптимальной температурой хранения яиц при относительной влажности 60-70% является 12-16°C. При таком режиме, хранить яйца, по данным авторов, можно 5-7 суток. При более высокой температуре (16-20°C) или более длительном сроке хранения (25 сут.) происходит ослабление желточной оболочки, что приводит к ее нарушению [34]. А.Л. Штеле указывает, что высокое качество яиц в благоприятных условиях (0-2,5°C) может удерживаться в течение 3-4 недель [190]. А.Л. Штеле утверждает, что кратковременное хранение яиц (7-15 дней) при пониженных (+ 6,+7°C) и минусовых (-2,5 - -2,9°C) температурах позволяет сохранить питательную ценность яиц. Так, автор указывает, что при температуре хранения -1,-3°C и относительной влажности 80-90% яйца сохраняют свои качества 6-7 месяцев [191]. Высокие морфо-биохимические показатели качества яиц были сохранены, по данным Л.Ф. Дядичкиной, Н.С. Подняковой и Д.В. Шешенина, при хранении их в условиях низких температур (1-2 и 6-8°C) [53].

*Методы с использованием различных газов и растворов.* В литературе неоднократно указывается, что сроки хранения яиц могут быть значительно увеличены при использовании различных газов: азота, углекислоты, озона и т.д. [135,147,165,177]. При этом следует обратить внимание на технологические моменты появления более высоких концентраций газов, которые могут достигаться за счет искусственного введения во внешнюю среду, где содержатся яйца или увеличением концентрации газа в самом яйце. Оба эти метода имеют свои достоинства и недостатки. В литературе 70-80-х годов приведен ряд исследований, в результате которых ученые пришли к выводу, что качество яиц хорошо сохраняется (более 20 суток) в атмосфере, обогащенной углекислым газом [147, 165, 166]. Так, А. М. Сергеева сообщает, что через 20 суток хранения куриных яиц в углекислоте единицы Хау были выше на 10 по сравнению с обычным хранением, в среде, насыщенной азотом – на 6,4, а рН плотного белка была чуть выше рН белка у яиц с 5-суточным сроком хранения [147]. По данным П.П. Царенко, повышенная концентрация в воздухе этого углекислого газа (0,5-

3,0%) задерживает выход этого газа из яйца, что тормозит скорость физических и химических изменений в яйце и способствует более длительному сохранению вкуса и запаха свежих яиц. О положительном влиянии углекислого газа на внутренние биофизические качества куриных яиц при хранении их сообщает в своей работе Е.Л. Фирсова [165]. А А.Л. Штеле в своей монографии утверждает, что используя условия холодильника и обогащенную углекислым газом или озоном среду в холодильнике яйца можно хранить до года [190]. А.Л. Штеле считает, что для увеличения длительности хранения яиц можно использовать различные жидкости и растворы: 5-10%-ный раствор буры и поваренной соли, насыщенный раствор хлорной извести; известковые растворы [190]. Однако у яиц при таком хранении иногда по данным П.П. Царенко появляются специфический вкус и запах так же, как и при использовании при хранении яиц жидкого стекла, широко используемых в 50-60 годах прошлого столетия [177].

*Методы, исключаящие проникновение в яйцо кислорода воздуха и испарения влаги из яйца.* П.П. Царенко считает, что использование непроницаемой для газов и влаги пленки при хранении яиц дает примерно тот же положительный эффект, как и применение газов, но совершенно безопасно для людей. Воздух внутри упаковки обогащается углекислотой, частично вышедшей через поры скорлупы, препятствует испарению влаги из яйца и проникновению микроорганизмов через поры скорлупы. В настоящее время этот способ хранения пищевых яиц приобрел наиболее широкое использование [177].

А.Л. Штеле, П.П. Царенко и др. указывают, что из всех пленкообразующих веществ наибольшее применение в 80-х годах получило применение специального минерального масла (ДПЯ) для покрытия яиц. При его использовании показатель единиц Хау снижался медленнее, по сравнению с контрольной группой [135,177,190].

Кроме масла ДПЯ, для нанесения пленочных покрытий на поверхность скорлупы применяют водорастворимые пленкообразующие вещества, устойчивые к внешним воздействиям, такие, как поливиниловый спирт (ПВС), 3%-ный водный раствор метилцеллюлозы, натриевую соль карбоксилцеллюлозы. Они по

мнению ряда исследователей безвредны и используются в пищевой промышленности в качестве наполнителей, загустителей и эмульгаторов. S. Abeyrathne, M. Edirisinghe, S.M.C. Himali исследовали влияние покрытия куриных яиц пчелиным воском при хранении в условиях комнатной температуры. Авторы пришли к выводу о положительном влиянии на состав и некоторые органолептические показатели куриных яиц при хранении [196].

*Методы с использованием различных физических факторов на яйца.* Наиболее простыми являются методы, способствующие увеличению длительности хранения за счет определенного их положения при хранении. Так, Л.А. Попова и А.С. Комарчев определили, что при хранении яиц в течение 15 суток при температуре 10-12°C и относительной влажности воздуха 70-80% лучшие морфологические характеристики качества яиц были получены при хранении перепелиных яиц острым концом вверх. Авторы считают, что данная позиция способствует замедлению процесса старения яиц, что дает по мнению авторов, возможность при необходимости увеличивать срок их хранения [129].

Из других методов длительного хранения яиц используют искусственную аэрионацию, а также обработку яиц гамма-лучами. Искусственная ионизация позволяет снизить количество микрофлоры в воздухе помещений и оказывает бактерицидное действие на микроорганизмы поверхности скорлупы. Н.К. Кириллов, Г.В. Новикова, Е.Л. Белов указывают в своей работе, что на поверхности скорлупы яиц образуется до 3,5 тыс. микроорганизмов, которые при хранении яиц проникают внутрь. Действие этих микроорганизмов приводит к преждевременной порчи яиц. В связи с этим авторы исследовали эффективность обеззараживания яиц комплексным воздействием электромагнитных излучений (лампа УФ- и ИК-излучений на фоне радиоволн). В результате обработки яиц получили значительное снижение бактериальной загрязненности яиц, при этом эффективность обработки яиц зависела от экспозиции обработки [80].

Подводя итоги обзору литературы можно сказать, что птичье яйцо – один из самых совершенных биологических объектов. В принципе куриные и

перепелиные яйца, имея одинаковое строение и обладая одинаковыми качествами, имеют в целом определенное сходство в направленности биофизических и биохимических процессов, происходящих при хранении этих яиц. Однако исследования, проведенные на перепелиных яйцах показали, что автоматического переноса знаний динамики происходящих процессов при хранении куриных яиц на перепелиные совершенно недостаточно, т.к. последние не только имеют значительные видовые и породные особенности массы, формы, качества скорлупы, а также более богатый и разнообразный химический состав белка, желтка и скорлупы, что необходимо учитывать при изучении не только интенсивности старения перепелиных яиц, но и глубины изменений, происходящих у них при различных условиях и длительности хранения.

## 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа проведена в течение 2011 – 2016 гг. на кафедре птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ.

*Материалом* исследования послужили около 2000 перепелиных и более 500 куриных яиц.

Куриные яйца были приобретены на птицефабриках «Ударник», «Скворицы», «Лебяжье» Ленинградской области, а также в генофондном хозяйстве ВНИИГРЖ – филиале ФГБНУ «Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста» и в торговых сетях Санкт-Петербурга.

Перепелиные яйца приобретались в ООО «Перепелочка» в ООО «Птичий Двор», в крестьянских хозяйствах «Приручейная долина», Гриднева Вахрамеева, Пановой Ленинградской области, а также в торговых сетях г. Санкт-Петербурга.

*Методы и методика исследования.* В процессе исследования яйца (куриные и перепелиные) подвергались:

- биофизической оценке по 28 показателям без нарушения и с нарушением целостности скорлупы;
- биохимической оценке – определению концентрации водородных ионов (рН) в белке и желтке, содержанию каротиноидов в желтке, сухого вещества в белке и желтке;
- исследование на наличие в перепелиных яйцах *Staphylococcus aureus* (стафилококка золотистого), БГКП (бактерии группы кишечной палочки: *Escherichia Citrobacter, Enterobacter*), Сальмонеллы и КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов).

Работа проводилась в лаборатории кафедры птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ с использованием приборов и методик, разработанных на этой кафедре, с привлечением методик оценки качества яиц, разработанных ВНИТИП, СПб ГАВМ, а также приборов и методик биохимической и

микробиологической оценки яиц, применяемых Ленинградской межобластной ветеринарной лабораторией. Ряд методик при изучении биофизических качеств перепелиных яиц были усовершенствованы и использованы в ходе исследований на кафедре птицеводства СПбГАУ.

Определение плотности куриных и перепелиных яиц производили при индивидуальном взвешивании их в воздухе и в дистиллированной воде (с точностью до 0,01 г), используя, разработанное на кафедре простое приспособление, с возможностью зануления помещенной тары.

Для измерения упругой деформации скорлупы перепелиных яиц был модернизирован прибор ПУД-1, в котором давление груза в точке приложения его к скорлупе составило 200 г.

Для повышения точности выявления перепелиных яиц с поврежденной скорлупой, а также для определения размеров воздушной камеры был создан специальный овоскоп с мощностью источника света 150 Вт.

Размеры воздушной камеры у куриных и перепелиных яиц определялись по одной и той же методике: на овоскопе очерчивались границы воздушной камеры, а измерение высоты и диаметра камеры производилось в условиях обычного дневного освещения.

Для создания определенных условий температуры и влажности при опытном хранении яиц использовали бытовой двухкамерный холодильник с регулируемой температурой (5-10°C). Необходимую относительную влажность создавали путем изменения площади испарения воды, налитой в различные по размерам емкости. Учет температуры и влажности осуществляли ежедневно с помощью психрометра Августа или прибора БМ - 2 для комплексного измерения температуры, барометрического давления и относительной влажности. При хранении вне холодильника в условиях лаборатории учитывали температуру и влажность теми же приборами.

Кроме того, изучалась динамика биофизических качеств яиц при хранении их с использованием картонных упаковок с перегородками, ячеистых упаковок из

папье-маше и упаковок из жесткого пластика (полистирола) разной вместимости и конструкции.

Динамику качества яиц при различных условиях хранения осуществляли путем их анализа в начале опыта, а затем через каждые 7-10 суток.

Схема исследования представлена на рисунке 1.

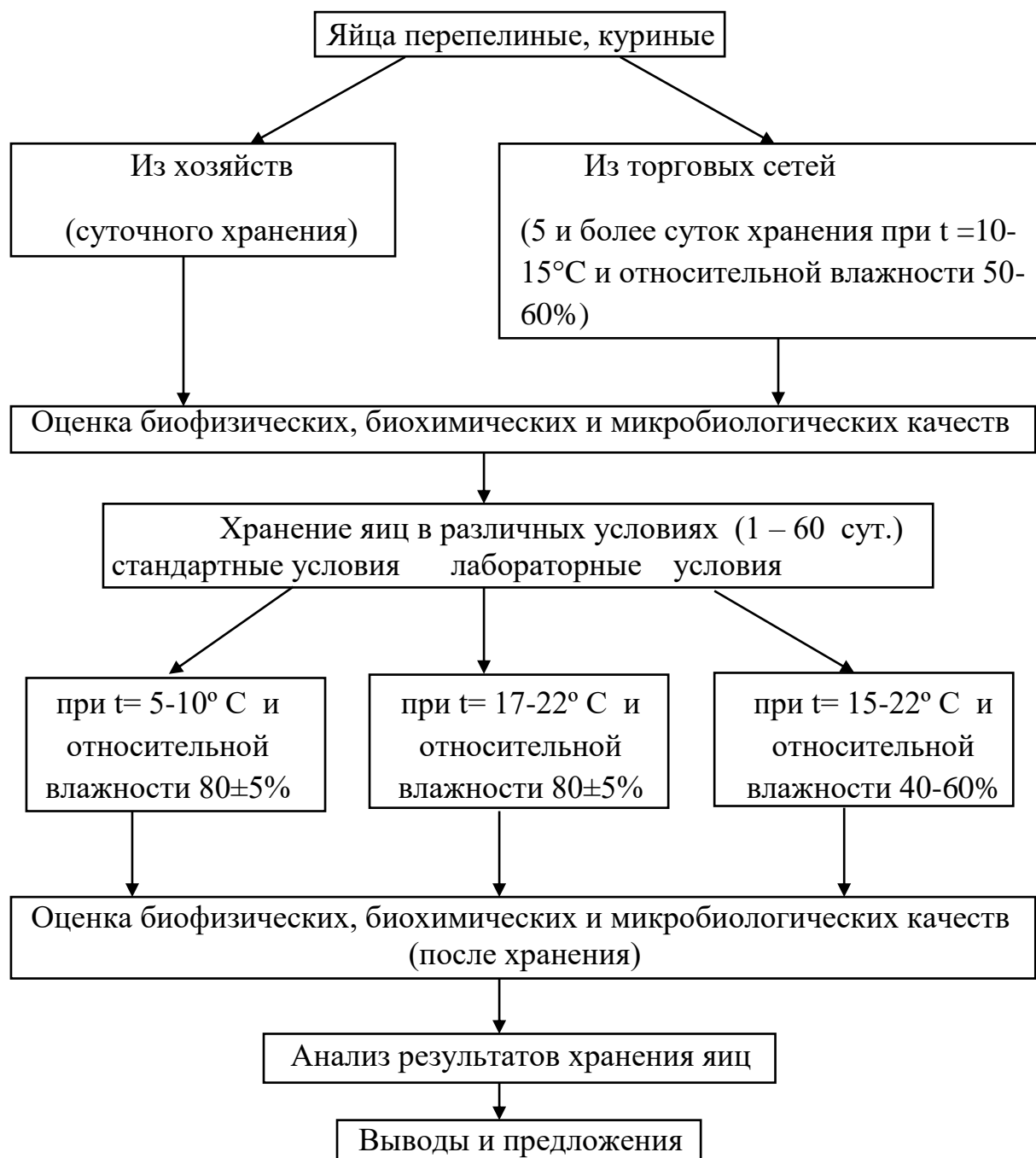


Рисунок 1. Схема исследования

Материал и методики исследования биофизических качеств куриных и перепелиных яиц, химических и микробиологических свойств представлены в таблицах 1 и 2.

По теме диссертации было проведено 59 анализов с использованием в анализах от 20 до 250 яиц.

Ряд показателей определялся расчетным путем.

Объем (V) яйца (куриного или перепелиного) определяли по формуле:

$$V (\text{см}^3) = M_1 - M_2 \quad (1), \text{ где}$$

$M_1$  – масса яйца в воздухе, г;  $M_2$  – масса яйца в дистиллированной воде, г.

Плотность яйца (П) определяли по формуле:

$$П (\text{г/см}^3) = M_1 / V \quad (2)$$

Гидроплотность яйца (ГП) рассчитывалась по формуле:

$$ГП (\text{мг/см}^3) = (П-1) \times 1000 \quad (3), \text{ где}$$

П – плотность яйца, г/см<sup>3</sup>, 1 – плотность воды, г/см<sup>3</sup>, 1000 – перевод г. в мг.

Индекс формы (ИФ) перепелиных яиц вычисляли по формуле:

$$ИФ (\%) = d/D \times 100 \quad (4), \text{ где}$$

D – продольный (большой) диаметр яйца, мм;

d – поперечный (малый) диаметр яйца, мм.

После вскрытия яиц расчетным путем определялась масса белка ( $M_б$ ):

$$M_б (\text{г}) = M_1 - (M_ж + M_{ск}) \quad (5), \text{ где}$$

$M_1$  – масса яйца, г;  $M_ж$  – масса желтка, г;  $M_{ск}$  – масса скорлупы, г.

Определение индексов белка (ИБ) и желтка (ИЖ) производилось расчетным путем по формулам:

$$ИБ (\%) = 2h / (d+D) \times 100 \quad (6), \text{ где}$$

h – высота плотного белка, мм; d – поперечный (малый),

D – продольный (большой) диаметры плотного белка, мм.

$$ИЖ (\%) = h / d \times 100 \quad (7), \text{ где}$$

h – высота желтка, мм; d – диаметр желтка, мм.



Таблица 1 – Материал и методики оценки биофизических показателей качеств интактных яиц

№№ п/п	Показатели	Приборы	Число исследуемых яиц (округленно)	Цель исследования	Методика исследования
1	2	3	4	5	6
Товарные и биофизические показатели					
1	Масса яиц, г	Весы ВК-600	2000 яиц перепелов и 500 яиц куриных	Определить динамику массы яиц, белка, плотности и др. показателей при хранении	Взвешивание свежих яиц и яиц при хранении в разных условиях (температура, влажность) и сроках (1-60 сут.) с периодичностью каждые 7-10 суток
2	Величина воздушной камеры, мм	Овоскоп для куриных яиц и овоскоп для перепелиных яиц*, циркуль, трафарет	700 перепелиных, 300 куриных и 20 гусиных яиц	Определить возможность использования величины воздушной камеры при определении интенсивности старения яиц	Измерение высоты и диаметра воздушной камеры у свежих яиц и в процессе хранения
3	Плотность яиц, г/см <sup>3</sup>	Весы ВК-600 с приспособлением для взвешивания в воде*	700 перепелиных яиц, 300 куриных яиц	Изучить динамику плотности и гидроплотности яиц при разной длительности хранения	Взвешивание яиц в воздухе и в дистиллированной воде (методика, разработанная на кафедре птицеводства СПбГАУ). Расчет плотности по формулам (1,2) и гидроплотности по формуле (3)

1	2	3	4	5	6
4	Упругая деформация скорлупы, мкм	ПУД-1 для куриных яиц и прибор УД-200 для перепелиных яиц*	1500 перепелиных и 400 куриных яиц	Изучить динамику упругой деформации скорлупы яиц при хранении	Измерение упругой деформации (методика, разработана на кафедре птицеводства СПбГАУ)
5	Индекс формы яиц, %	Штангенциркуль	650 перепелиных и 150 куриных яиц	Изучение влияния формы яиц на интенсивность их старения	Определение индекса формы перепелиных яиц (формула 4) по длине и ширине яиц

Таблица 2 – Материал и методики оценки качества яиц при нарушении их целостности

№№ п/п	Показатели	Приборы	Число исследуемых яиц (округленно)	Цель исследования	Методика исследования
1	2	3	4	5	6
Биофизические показатели					
1	Масса желтка и скорлупы, г	Весы ВК-600	1000 яиц перепелов и 300 яиц куриных	Определить динамику массы белка, желтка и скорлупы яиц при хранении	Взвешивание желтка, скорлупы и расчет массы белка (формула 5), определение относительной массы составных частей яиц, отношение массы белка к массе желтка
2	Высота белка, желтка, мм	Высотомер линейный (ВЛ-1)*	1000 яиц перепелов и 300 яиц куриных	Изучить динамику индексов белка и желтка при хранении яиц, а также единиц ХАУ и показателя IQU	Определение высоты белка и желтка для расчета индексов белка и желтка (формулы 6 и 7), а также единиц ХАУ и показателя IQU (формулы 8 и 9)

1	2	3	4	5	6
3	Диаметр белка и желтка, мм	Штангенциркуль	1000 яиц перепелов и 300 яиц куриных	Изучить динамику индексов белка и желтка при хранении яиц	Измерение большого и малого диаметров белка и желтка для расчета индексов белка и желтка по формулам белка (6) и желтка (7)
4	Толщина скорлупы, мкм	Прибор для измерения толщины скорлупы (ТС-1)*	750 яиц перепелов и 300 яиц куриных	Изучить влияние толщины скорлупы на интенсивность изменения качества яиц при хранении	Измерение толщины скорлупы (без подскорлупной оболочки), на экваториальной части яйца (методика, разработана на кафедре птицеводства СПбГАУ)
5	Толщина подскорлупной оболочки, мкм	Прибор для измерения толщины скорлупы (ТС-1)*	100 яиц перепелов	Изучить влияние толщины подскорлупной оболочки на интенсивность изменения качества яиц при хранении	Измерение толщины скорлупы (с подскорлупной и без подскорлупной оболочки) на экваториальной части яйца (методика, разработана на кафедре птицеводства СПбГАУ) (формула 10)
6	Пористость скорлупы, число пор на см <sup>2</sup>	Лупа, трафарет с вырезанными окошками 5мм×2,5 мм.	340 яиц перепелов и 150 яиц кур	Изучить влияние пористости на усушку яиц при хранении	Подсчет среднего количества пор на скорлупе (методика Сергеевой А.М. и модифицирована на кафедре птицеводства СПбГАУ)
Биохимические показатели					
1	Пигментация желтка	Шкала РОШ. Шкала определения каротиноидов с бихроматом калия (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	400 яиц перепелов	Определить динамику пигментации желтка яиц при их хранении (органолептическим способом)	Определение пигментации желтка при хранении яиц по общепринятой методике с использованием шкалы РОШ (1-15 баллов) и шкалы с бихроматом калия (1-10 баллов)
2	Количество каротиноидов в желтке (мкг/г)	Спектрофотометр UV-1700	100 яиц перепелов	Определить динамику пигментации желтка яиц при их хранении (объективно)	Определение каротиноидов по методике, представленной в «Методических указаниях к лабораторным занятиям»

1	2	3	4	5	6
					по биохимии для студентов ветеринарных факультетов и врачей ФПК СПб ГАВМ, 2002
3	Концентрация водородных ионов (рН) белка и желтка	рН-метр «Нитрон-рН»	500 яиц перепелов и 150 куриных яиц	Определить динамику концентрации водородных ионов (рН) белка и желтка при их хранении яиц	Определение рН белка и желтка яиц с различным сроком хранения по общепринятой методики
4	Коэффициент рефракции белка и желта, массовая доля сухого вещества наружного жидкого и плотного белка и желтка	Рефрактометр RL 3	180 яиц перепелов и 60 куриных яиц	Определить динамику коэффициента рефракции и сухого вещества наружного жидкого и плотного белка и желтка при хранении	Определялись по общепринятой методике коэффициент рефракции белка и желтка перепелиных и куриных яиц и массовая доля сухих веществ наружного жидкого и плотного белка и желтка яиц
Микробиологические показатели					
1	Содержание в 1 г Золотистого стафилококка	-	400 яиц перепелов	Изучить динамику <i>Staphylococcus aureus</i> (золотистого стафилококка) в яйцах перепелов при хранении	По общепринятой методике с использованием ГОСТ Р 52815-2007
2	Содержание в 1 г БГКП	-	400 яиц перепелов	Изучить динамику БГКП в яйцах перепелов при хранении	По общепринятой методике с использованием ГОСТ Р 52816 - 2007
3	Содержание в 1 г КМАФАнМ	-	400 яиц перепелов	Изучить динамику КМАФАнМ в яйцах перепелов при хранении	По общепринятой методике с использованием ГОСТ 10444.15-94
4	Содержание в 1 г желтка Сальмонеллы	-	400 яиц перепелов	Изучить динамику сальмонеллы в яйцах перепелов при хранении	По общепринятой методике с использованием ГОСТ Р 52814-2007 (ИСО 6579:2002)

\* Приборы разработанные и модернизированы на кафедре птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ

Определение единиц Хау (ЕХ) производилось по формуле:

$$EX = 100 \log (H - 1,7M^{0,37} + 7,6) \quad (8), \text{ где}$$

H – высота плотного белка, мм; M – масса перепелиного яйца, г ;  
1,7; 0,37; 7,6 – постоянные коэффициенты для куриных яиц.

Определение показателя IQU вычислялось по формуле:

$$IQU = 100 \log (H + 4,18 - 0,89989 \times W^{0,6674}) \quad (9), \text{ где}$$

H – высота плотного белка, мм; W – масса перепелиного яйца, г ;  
4,18; 0,89989; 0,6674 – постоянные коэффициенты для перепелиных яиц.

Толщина подскорлупной оболочки ( $T_{п.об}$ ) определялась по формуле:

$$T_{п.об} \text{ (мкм)} = T_1 - T_2 \quad (10), \text{ где}$$

$T_1$  – толщина скорлупы с подскорлупной оболочкой;

$T_2$  – толщина скорлупы без подскорлупной оболочки.

Полученный в ходе исследований материал, обработан с помощью компьютерных программ с вычислением основных параметров: среднеарифметических значений, стандартных отклонений, коэффициентов изменчивости, лимитов, коэффициентов корреляции, регрессии и др.

В работе были использованы следующие методы исследования: статистический, табличный, графический, сравнительный, описательный, аналитический, регрессионный, корреляционный.

## 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Динамика показателей качества перепелиных яиц

#### 3.1.1 Динамика параметров воздушной камеры яиц при хранении

В практике птицеводства и в действующих ГОСТах и ТУ «возраст» (сроки хранения) яиц принято определять по размерам воздушной камеры, которая в результате усушки увеличивается.

Исследованиями, проведенными на перепелиных ( $n = 100$ ), куриных ( $n=30$ ) и гусиных ( $n=20$ ) яйцах при хранении их в условиях температуры  $17,5^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $55,5\%$  в течении 30 суток, было установлено, что увеличение размеров воздушной камеры в исследуемых яйцах имело достоверное видовое различие между показателем, измеренным у свежих яиц и с 30 - суточным хранением (рисунок 2).

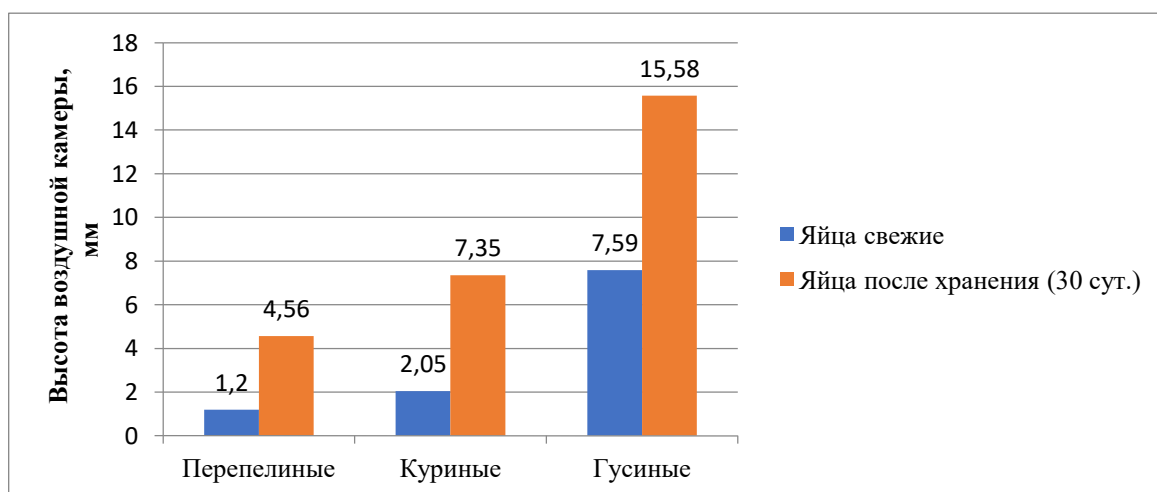


Рисунок 2. Динамика высоты воздушной камеры при хранении

Динамику высоты воздушной камеры по нашему мнению следует изучать параллельно с ее диаметром в связи с большим разнообразием яиц по их индексу формы (от 70 до 86%). В связи с этим была определена динамика диаметра воздушной камеры у исследуемых яиц (рисунок 3).

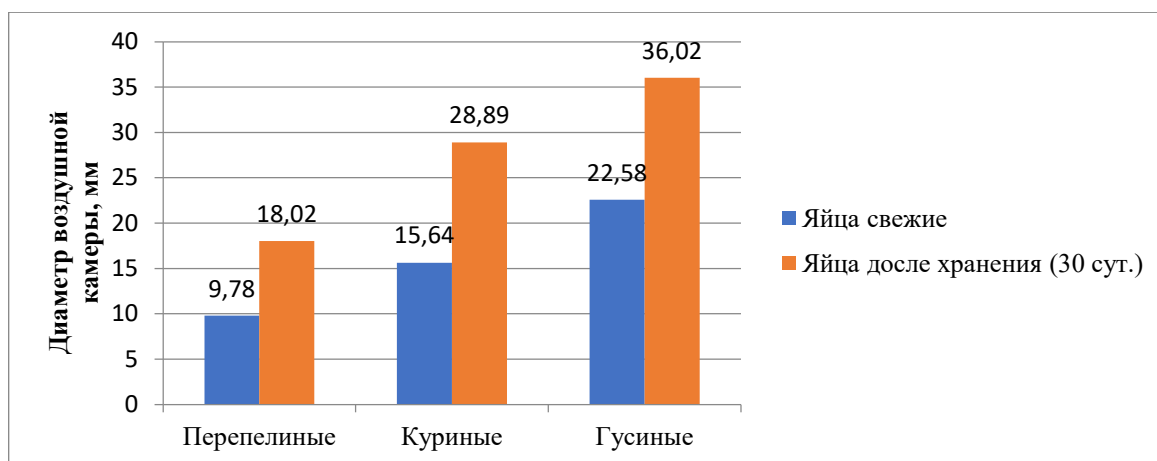


Рисунок 3. Динамика диаметра воздушной камеры при хранении

Следует отметить, что определение воздушной камеры у свежих перепелиных яиц вызывало большие затруднения из-за темной, пятнистой скорлупы и толстой подскорлупной оболочки. Количество свежих яиц с измеренной воздушной камерой у них не превышало 54,0% (54 яйца), после 30 суток хранения определение границы воздушной камеры у перепелиных яиц стало возможным у 84 яиц (84,0%).

Графический анализ полученных данных показал, что увеличение параметров воздушной камеры при хранении тесно связано с массой яиц. Так, высота воздушной камеры у гусиных яиц за 30 сут. увеличилась на 7,99 мм, то есть в 2,05 раза, у куриных – на 5,30 мм или в 3,59 раза, а перепелиных – на 3,36 мм, или в 3,80 раза. Диаметр воздушной камеры у перепелиных яиц увеличился на 8,24 мм (в 1,84 раза), куриных – на 13,25 мм (в 1,85 раз) и гусиных на 13,44 мм (в 1,59 раза). При этом разница между видами птиц по размерам воздушной камеры была в основном статистически достоверной. Позднее были проведены исследования на яйцах перепелов и кур, целью которых явилось изучение поэтапной динамики изменения воздушной камеры при хранении. В таблице 3 показана сравнительная динамика размеров воздушной камеры обоих видов яиц, хранившихся в одинаковых условиях.

Таблица 3 – Динамика размеров воздушной камеры куриных и перепелиных яиц

Показатели	Сроки хранения яиц, сут.				
	1	10	20	30	60
Яйца куриные					
Число яиц, шт.	150	150	90	60	30
Диаметр воздушной камеры, мм	16,7±0,12	24,0±0,17	27,1±0,12	29,0±0,12	32,6±0,17
Высота воздушной камеры, мм	2,57±0,05	4,43±0,06	6,35±0,08	7,11±0,1	8,33±0,13
Яйца перепелиные					
Число яиц, шт.	240	200	160	120	80
Диаметр воздушной камеры, мм	11,4±0,18	14,7±0,13	17,9±0,22	19,4±0,25	22,3±0,62
Высота воздушной камеры, мм	1,53±0,06	1,90±0,05	3,58±0,11	4,69±0,14	6,59±0,17

Данные таблицы свидетельствуют о том, что размеры воздушной камеры как куриных, так и перепелиных яиц увеличиваются неравномерно: в первые 10-20 сут. очень быстро, затем значительно медленнее. Так, диаметр воздушной камеры куриных яиц в первые 10 сут. хранения увеличился на 7,3 мм (43,7%), за вторые – на 3,1 мм (12,9%), а за последующие 30 сут. хранения только на 2,6 мм (4,1% в среднем за декаду). Это объясняется быстрым увеличением диаметра камеры по мере удаления ее границ от полюса к экватору яйца (на «экваторе» диаметр увеличиваться не может). Такая же закономерность наблюдается и по высоте воздушной камеры, кроме первой декады у перепелиных яиц, вероятно, из-за ошибок при измерении этого параметра у свежеснесенных яиц при его очень малой величине. В другом опыте установлено, что из 240 свежих перепелиных яиц только у 136 (56,7%) воздушная камера была визуальна доступна для измерения. Далее, в процессе хранения, при удалении границ камеры к экватору яйца, эта доступность увеличилась до 94% после 30-дневного хранения. Воздушная камера плохо различима и у куриных яиц с сильно пигментированной или крапчатой (мраморной) скорлупой. В связи с вышеизложенным, использовать размеры воздушной камеры для оценки свежести яиц по усушке следует с большой осторожностью.



Изменчивость параметров воздушной камеры перепелиных яиц ( $n=150$ ) в первые дни хранения яиц очень большая, особенно по высоте камеры, затем уменьшается:

Сроки хранения, сут.	1	7	12	14	28	35	42
CV, % высоты	33,4	-	28,0	24,5	24,0	-	19,8
CV, % диаметра	9,8	11,7	14,3	6,9	-	8,9	6,9

Снижение коэффициента вариации проявляется закономерно по высоте камеры и неупорядоченно по диаметру.

На размеры воздушной камеры достоверно оказывает влияние масса яиц (коэффициент корреляции у куриных яиц в среднем равен  $0,202 \pm 0,076$  с колебанием от 0,154 до 0,303). Поэтому размеры воздушной камеры яиц С-2 (масса 45-55 г) и С-0 (65-75 г), при одинаковой их свежести, будут существенно меньше у С-2.

У перепелиных яиц эта тенденция в основном сохраняется. Коэффициенты корреляции массы перепелиных яиц с размерами воздушной камеры были небольшими и колебались от 0,179 до 0,272 и не всегда достоверными.

В результате исследования было определено, что небольшое влияние на параметры камеры оказывает форма: чем округлее яйцо, тем больше диаметр и меньше высота камеры при одинаковом ее объеме (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициент корреляции между размерами воздушной камеры и размерами перепелиных яиц ( $n = 405$  яиц)

Параметры воздушной камеры	Длина яйца, мм	Ширина яйца, мм	Индекс формы яйца, %
Диаметр, мм	-0,287***	0,104*	0,120*
Высота, мм	0,161**	-0,399***	-0,040
Диаметр × высота, мм	-0,055	-0,149**	-0,029

\*  $P \geq 0,95$ ; \*\*  $P \geq 0,99$ ; \*\*\*  $P \geq 0,999$

Рассчитанные коэффициенты корреляции между параметрами воздушной камеры и размерами перепелиного яйца были небольшими, но в основном достоверными с отрицательной направленностью. Так, с увеличением ширины яйца уменьшается высота воздушной камеры, а у вытянутого яйца меньше

диаметр воздушной камеры, но больше его высота. В связи с этим следует измерять не только высоту, но и диаметр воздушной камеры, который лучше просматривается и легче измеряется.

### 3.1.2 Масса яиц и ее изменение при хранении

Масса перепелиных яиц – один из важнейших биофизических показателей, характеризующий товарную и питательную ценность. Исследованиями было выявлено, что масса реализуемых перепелиных яиц колеблется от 9 до 16 г. При этом, доля мелких яиц (9-11 г) составляет около 20%, а крупных (15 г и более) – не более 5%.

В процессе хранения яйца теряют массу в основном за счет испарения воды, что изменяет не только структуру яйца, но и его питательность (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика отношения белка к желтку у перепелиных и куриных яиц в процессе хранения

Длительность хранения яиц, сут.	Отношение белка к желтку			
	перепелиные яйца		куриные яйца	
	$M \pm m$	lim	$M \pm m$	lim
1	1,98±0,02	1,62...2,29	2,13±0,02	1,84...2,55
10	1,88±0,03	1,46...2,24	2,0±0,02	1,78...2,32
20	1,74±0,03	1,38...2,23	1,89±0,03	1,56...2,37
30	1,70±0,03	1,28...2,03	1,82±0,03	1,56...2,24
60	1,42±0,03	1,03...1,85	1,63±0,03	1,28...2,11

Данные таблицы показывают, что снижение отношения белка к желтку у перепелиных яиц происходит в 1,39 раза интенсивнее, чем у куриных (1,3 раза) при  $P \geq 0,999$ .

Одним из методов оценки свежести яиц является определение усушки (потери массы) по разности масс до и после определенного срока хранения ( $M_2 - M_1$ ).

Сравнительная динамика массы перепелиных и куриных яиц ( $n=120$ ) в процессе их 28-суточного хранения в условиях лаборатории кафедры представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Динамика массы перепелиных и куриных яиц в процессе хранения

Периоды взвешивания яиц, сут.	Масса яиц			
	перепелиных		куриных	
	$M \pm m$ , г	% к начальной массе	$M \pm m$ , г	% к начальной массе
1	$12,74 \pm 0,13$	100	$67,55 \pm 0,93$	100
7	$12,39 \pm 0,15$	97,25	$66,34 \pm 0,90$	98,21
14	$11,98 \pm 0,22$	94,03	$64,99 \pm 0,87$	96,21
21	$11,56 \pm 0,28$	90,74	$63,72 \pm 0,84$	94,33
28	$11,44 \pm 0,16$	89,80	$62,57 \pm 0,83$	92,63
Потеря массы яиц за весь период (в среднем)	$1,30 \pm 0,11$	10,20	$4,98 \pm 0,23$	7,37

Анализ данных таблицы свидетельствует о повышенном испарении воды из перепелиных яиц (10,2%) по сравнению с куриными (7,37%), что указывает на существенное и достоверное ( $P \geq 0,999$ ) влияние вида птицы на интенсивность усушки яиц в процессе хранения. Усушка перепелиных яиц была выше в 1,38 раза. Интенсивность усушки у куриных и перепелиных яиц по срокам хранения показана на рисунке 4.

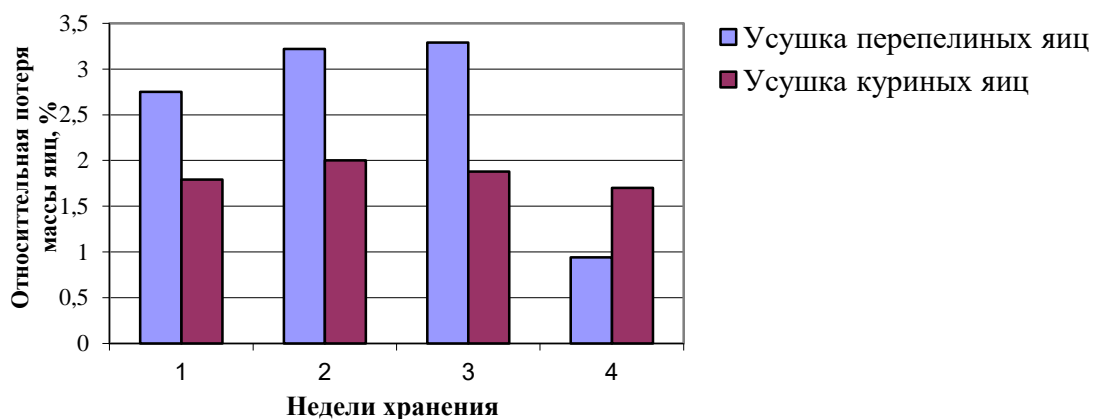


Рисунок 4 – Динамика усушки перепелиных и куриных яиц в процессе хранения (по неделям)

Графический анализ относительной потери массы яиц указывает на различную скорость их усушки в процессе хранения. Выявлено, что потеря массы

перепелиных яиц с первой недели хранения была значительно выше, достигнув максимальной усушки на 3-ей неделе. После этого интенсивность усушки резко снизилась (ниже 1% за неделю). У куриных наблюдалась достаточно равномерная потеря массы яиц в процессе 4 - недельного хранения, достигнув максимума на 2-ой неделе. Однако у этих яиц также наблюдалась небольшое снижение интенсивности испарения после пика. Вероятно, это можно считать общебиологической закономерностью при хранении яиц.

В продолжении исследования был проведен анализ динамики массы куриных и перепелиных яиц в течение более длительного срока (60 сут.) в одинаковых условиях хранения (таблица 7).

Таблица 7 – Динамика массы куриных и перепелиных яиц при хранении

Показатели	Сроки хранения яиц, сут.				
	1	10	20	30	60
Яйца куриные (n=150)					
Масса, г	62,70±0,64	61,58±0,69	60,52±0,69	59,26±0,70	55,64±0,70
Усушка, %	-	1,79	3,48	5,49	11,26
Яйца перепелиные (n=240)					
Масса, г	12,81±0,16	12,57±0,16	12,21±0,16	11,95±0,16	11,07±0,16
Усушка, %	-	1,87	4,68	6,71	13,58

Представленные в таблице данные подтвердили полученные ранее результаты. Потеря массы за 30 сут. составила: 5,49% у куриных и 6,71% у перепелиных яиц, а за 60 сут. куриные яйца потеряли 11,26% массы, а перепелиные 13,58% (0,188 и 0,226% в среднем за сутки соответственно), то есть в 1,2 раза больше.

К сожалению, использовать метод определения свежести по потере массы ( $M_2 - M_1$ ) вне опыта практически не удастся из-за отсутствия данных о начальной массе яиц ( $M_1$ ). Исключение составляет биологический контроль инкубации, когда периодически взвешивают один и тот же лоток с яйцами и вычисляют усушку.

Известно, что потеря массы яиц при хранении тесно связана с площадью, через которую испаряется вода. В связи с этим была изучена динамика массы 365 перепелиных яиц различной величины (усредненные данные).

Основные результаты исследований по средней усушке перепелиных яиц представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Динамика массы перепелиных яиц, г

Длительность хранения яиц, сут.	Масса яиц, г		
	11,9 и менее (мелкие)	12,0-12,9 (средние)	13,0 и более (крупные)
1	11,63±0,06	12,53±0,05	13,85±0,11
10	11,42±0,05	12,30±0,05	13,61±0,10
20	11,05±0,05	11,93±0,06	13,23±0,11
30	10,81±0,05	11,67±0,06	12,96±0,11

Данные таблицы указывают на четкое снижение массы яиц во всех группах и влияние их абсолютной массы на усушку: от 0,82 г – у мелких до 0,89 г – у крупных). Однако относительная усушка оказалась максимальной ( 7,05% за 30 сут. хранения) у мелких перепелиных яиц, а минимальной – у крупных (6,42%). Относительная усушка перепелиных яиц разной массы представлена на рисунке 5.

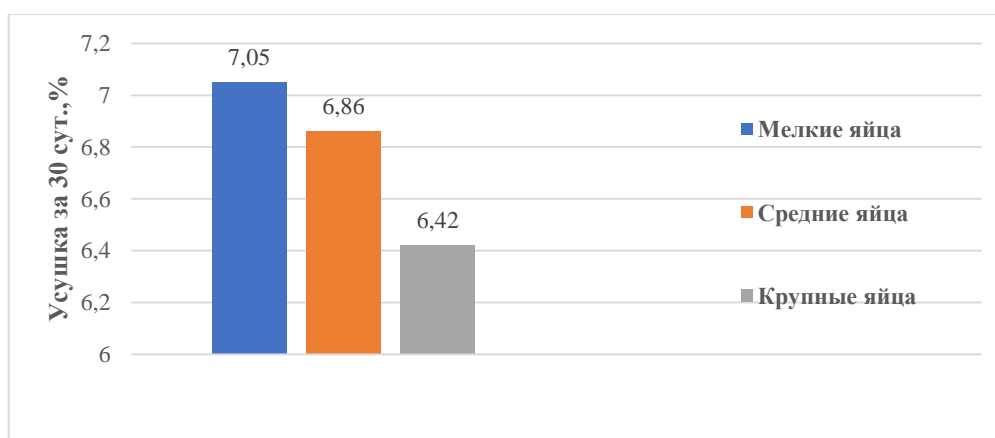


Рисунок 5 – Сравнительная динамика относительной потери массы у перепелиных яиц разной массы

В результате исследований отмечено, что потеря массы в группах мелких, средних и крупных яиц различалась по срокам хранения (рисунок 6).

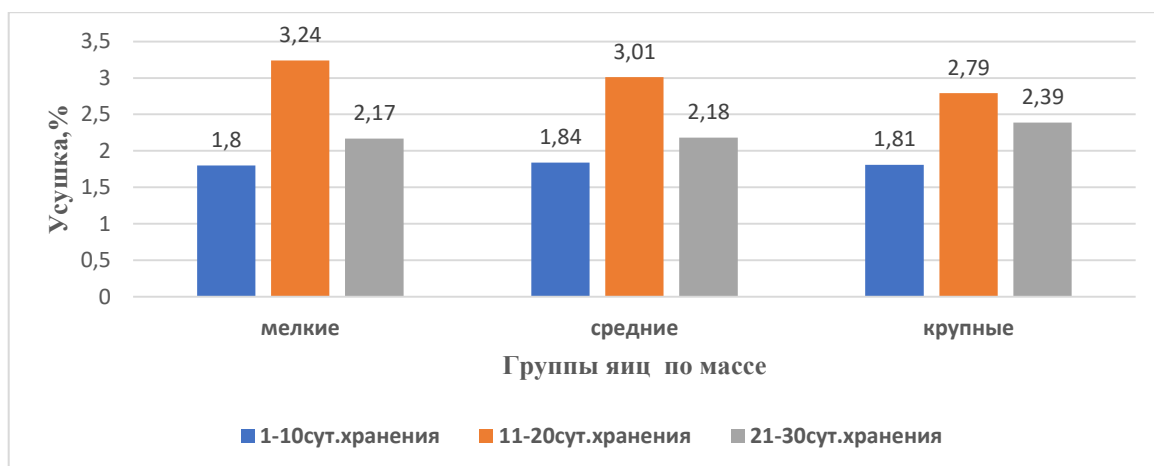


Рисунок 6 – Динамика относительной потери массы перепелиных яиц, %

Перепелиные яйца максимально усыхали во вторую и несколько слабее в третью неделю хранения независимо от группы по крупности.

Для сравнения интенсивности потери массы куриных и перепелиных яиц при хранении в условиях лаборатории был произведен сравнительный анализ по усредненным данным. Результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Динамика массы куриных и перепелиных яиц в зависимости от их величины

Показатели		Масса куриных яиц, г (n=230 яиц)			Масса перепелиных яиц, г (n=365 яиц)		
		56-59,9	60-63,9	64-67,9	11,9 и менее	12,0-12,9	13,0 и более
Потеря массы за 30 сут.,	г	3,45	3,54	3,87	0,82	0,86	0,89
	%	5,97	5,70	5,13	7,05	6,86	6,42
Среднесуточная потеря массы,	г	0,115	0,118	0,129	0,0273	0,0287	0,0297
	%	0,199	0,190	0,171	0,235	0,229	0,214

Так, за 30 сут. хранения при одинаковых условиях мелкие куриные яйца (в среднем 58 г) усохли на 3,45 г, а крупные (66 г) – на 3,87 г. Однако, относительная усушка оказалась максимальной у мелких яиц, а минимальной – у крупных..

Расчетным путем установлено, что у яиц с массой 52 и 72 г на 1 г массы приходится соответственно 1,26 и 1,13 см<sup>2</sup> площади поверхности скорлупы. Теоретически первые должны усыхать (и усыхают) в 1,15 раз быстрее. Для перепелиных яиц на 1 г массы яйца приходится в среднем 2,19 см<sup>2</sup> поверхности

скорлупы. С этим надо считаться при корректировке режима инкубации или при длительном хранении яиц.

Подобная зависимость усушки от массы (площади поверхности скорлупы) яиц закономерна. Так, кроме полученных ранее результатов по усушке яиц разной массы, другими исследованиями установлено, что за 60 сут. хранения более мелкие перепелиные яйца (11-12,9 г) теряли в сутки 0,232% массы, а крупные (13-15 г) – только 0,213%.

Усушка яиц происходит в основном через поры скорлупы. Коэффициенты корреляций между числом пор скорлупы перепелиных яиц и относительной усушкой в разных опытах колебались от 0,31 до 0,68 (в среднем 0,38).

Такой размах корреляций объясняется тем, что усушка зависит не только от количества, но и от диаметра, и длины пор, а также от упругой деформации и толщины скорлупы. Измерить диаметры пор практически невозможно, тем более, что они неодинаковы в различных местах у одной и той же поры. Поэтому, на наш взгляд, лучше (и легче) судить о пористости скорлупы по усушке яиц, чем наоборот.

В опыте куриные яйца (n=145) хранились в течение 20 сут. при температуре 21°C и относительной влажности около 40 %.

Яйца с очень высокой пористостью скорлупы, по сравнению с очень низкой, теряли массу в 1,6 раза быстрее:

Число пор, шт./см <sup>2</sup>	90-109	110-129	130-149	150-169	170-189	190-209
Потеря массы за 20 сут., %	4,29	4,76	5,29	5,35	6,11	6,82
Среднесуточная потеря, %	0,214	0,238	0,265	0,268	0,306	0,341

Коэффициент корреляции между числом пор и усушкой куриных яиц колеблется в пределах 0,35-0,50 ( $P \geq 0,999$ ).

Абсолютное число пор скорлупы, естественно, возрастает с увеличением её поверхности, то есть с укрупнением яиц (в пределах одного вида птицы).

Результаты аналогичного опыта на перепелиных яйцах при их хранении в течение 20 суток в условиях лаборатории (температура 17±2°C и относительная влажность

воздуха  $60\pm 5\%$ ) и в стандартных условиях (температура  $8-10^{\circ}\text{C}$  и относительная влажность воздуха  $80\pm 5\%$ ) представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Усушка перепелиных яиц в зависимости от пористости скорлупы

Показатели	Число пор на $\text{см}^2$				
	90-109	110-129	130-149	150-169	170-189
Потеря массы, %	2,71	4,34	4,36	4,76	4,96
Среднесуточная потеря, %	0,136	0,217	0,218	0,238	0,247
Потеря массы, %	1,70	2,04	2,19	2,23	2,35
Среднесуточная потеря, %	0,085	0,102	0,110	0,112	0,118

Представленные данные свидетельствуют о повышении потери массы яиц с увеличением пористости скорлупы (от 90 до 189 пор/  $\text{см}^2$ ) у исследуемых яиц в обеих группах. Следует отметить, что условия хранения заметно оказывали влияние на интенсивность потери массы яиц. При хранении яиц при более низких температурах и высокой влажности (стандартные условия) усушка яиц через поры скорлупы была ниже. Однако величина потери массы яиц при разных условиях имела криволинейную связь (рисунок 7).

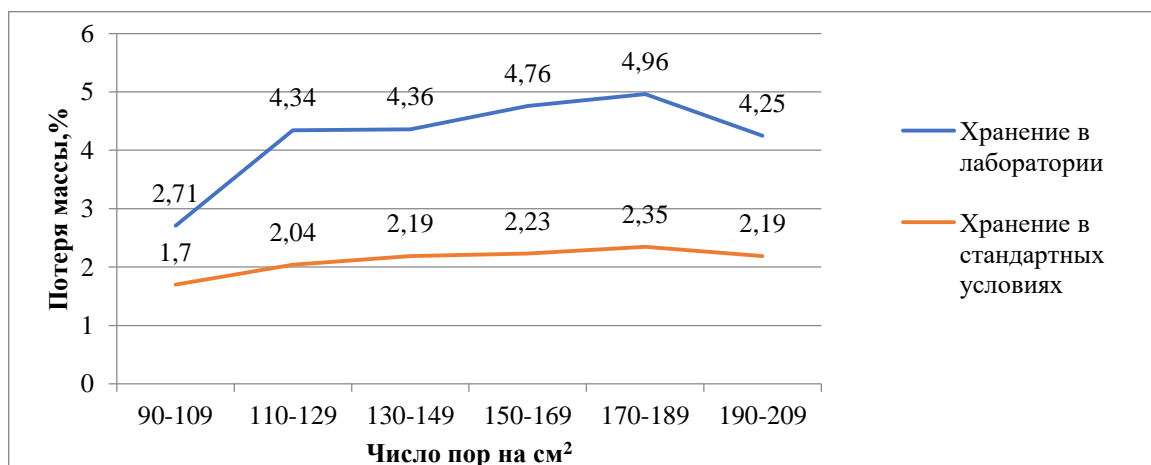


Рисунок 7 – Динамика усушки при разной пористости скорлупы

Примерно такая же, небольшая связь выявлена между усушкой и упругой деформацией, а также и толщиной скорлупы. Поскольку в толстой скорлупе с низкой упругой деформацией поры более длинные, то через такую скорлупу процесс испарения воды замедлен.

В наших опытах перепад упругой деформации от 18-19 мкм до 24-25 мкм увеличивал усушку куриных яиц за 60 сут хранения с 10,0 до 12,18%.



Упругая деформация, мкм	18-19	20-21	22-23	24-25
Усушка за 60 сут., %	9,9	11,28	11,46	12,18
Среднесуточная усушка, %	0,165	0,188	0,191	0,203

По перепелиным яйцам усушка за 60 суток составила при упругой деформации 18-20 мкм 12,35%, а при 24-26 мкм – 14,99%, то есть на 2,64% больше:

Упругая деформация, мкм	18-20	21-23	24-26	27-29	30-32
Усушка за 60 сут., %	12,35	14,64	14,99	15,51	15,92
Среднесуточная усушка, %	0,206	0,244	0,250	0,259	0,265

Однако упругая деформация скорлупы перепелиных яиц нередко достигает более высоких значений. Выяснено, что при упругой деформации 30-32 мкм потеря массы яиц при длительном (60 сут.) хранении была на 3,57% или в 1,29 раз выше, чем у яиц с упругой деформацией 18-20 мкм.

Коэффициент корреляции между усушкой и упругой деформацией в среднем равнялся  $0,39 \pm 0,06$  ( $P \geq 0,999$ ).

Влияние толщины скорлупы на усушку куриных яиц в обычных условиях температуры и влажности (10-15°C и 60-70%) заметно проявляется только на 20-30-е сутки хранения и достаточно четко через 60 суток:

Толщина скорлупы, мкм	330-365	370-385	390-425
Усушка за 60 сут. хранения, %	12,96	12,18	11,46
Среднесуточная усушка, %	0,216	0,203	0,191

В связи с наличием у перепелиных яиц очень тонкой скорлупы была исследована динамика потери массы яйцами в процессе 60 сут. хранения:

Толщина скорлупы, мкм	170-180	190-200	210-220	230-240
Усушка за 60 сут. хранения, %	15,92	14,53	13,11	12,33
Среднесуточная усушка, %	0,265	0,242	0,223	0,206

Следует отметить, что несмотря на достаточно толстую и прочную подскорлупную оболочку у перепелиных яиц усушка их при хранении была значительно выше, что свидетельствует о более существенном влиянии качества скорлупы перепелиных яиц на потерю массы при хранении. Коэффициент

корреляции между усушкой и толщиной скорлупы перепелиных яиц оказался достаточно высоким и достоверным ( $-0,46 \pm 0,06$ ,  $P \geq 0,999$ ).

Поскольку яйца разных видов птицы значительно различаются по массе (относительной поверхности), пористости, упругой деформации и другим показателям качества, то и скорость их старения (потеря массы) различна. Об этом свидетельствуют показатели старения (воздушная камера, потеря массы) контрастных по величине и толщине скорлупы куриных и перепелиных яиц.

При одинаковом качестве яиц (вид, масса, пористость, толщина скорлупы и др.) решающее влияние на потерю массы оказывает температура хранения.

Чем выше температура, тем явственней проявляется влияние массы яиц на их относительную усушку. По усредненным данным потеря массы перепелиных яиц за 30 сут. хранения при температуре 17-19°C и 8-10°C при одинаковой относительной влажности (70-75%) составила 7,25% и 2,31% соответственно (рисунок 8).

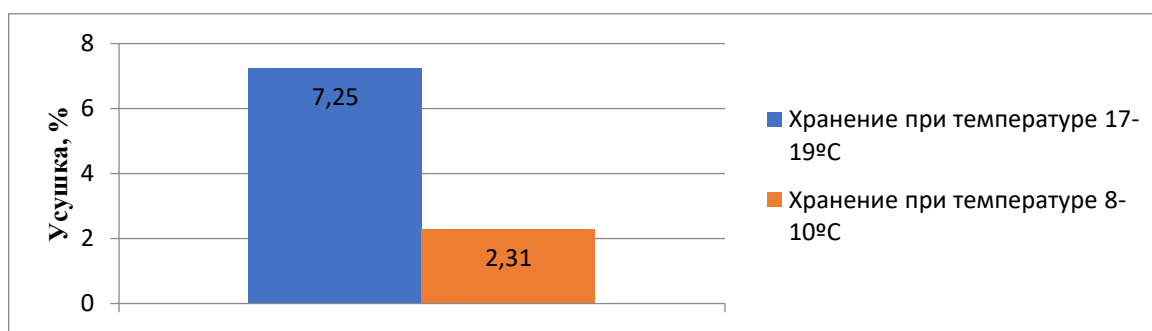


Рисунок 8 – Влияние температуры на усушку перепелиных яиц

Данные рисунка свидетельствуют, что при средней температуре 18°C усушка при хранении была в 3,14 раза выше, чем при температуре 9°C. Таким образом, на старение яиц существенно влияет температура и влажность воздуха. При повышении температуры на 1°C яйцо дополнительно теряет 0,018% массы.

На усушку яиц менее заметно влияет относительная влажность воздуха. Из-за трудности поддерживать разную влажность при одинаковой температуре результаты многих опытов сильно различаются. Некоторые авторы считают, что влиянием относительной влажности на усушку в пределах  $\pm 5-10\%$  можно

пренебречь. Но это не так, поскольку при 100-процентной влажности усушка вообще отсутствует, а при низкой (20-30 %) происходит форсированная потеря массы.

В опыте одна часть перепелиных яиц хранилась в отключенном лабораторном инкубаторе (относительная влажность  $80\pm 5\%$ , а другая – в лаборатории при той же температуре ( $22^{\circ}\text{C}$ ) и относительной влажности  $60\pm 5\%$ . За 30 сут. хранения усушка составила 5,1 и 8,5 % соответственно (0,17 и 0,28 % в сутки) при разности относительной влажности 15% (в среднем 65 и 80 %), то есть 0,0073 % в сутки на 1 % изменения относительной влажности. Это примерно в 2,5 раза меньше, чем на  $1^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1.3 Динамика плотности яиц

Показателем усушки яиц, а значит их «возраста» является также их плотность – масса, деленная на объем ( $\text{г}/\text{см}^3$ ). Поскольку объем яйца в течение хранения не изменяется, то динамика плотности должна соответствовать потере массы, о чем свидетельствуют данные таблицы 11.

Таблица 11 – Динамика массы и плотности куриных и перепелиных яиц при хранении в условиях лаборатории

Показатели	Сроки хранения яиц, сут.				
	1	10	20	30	60
Яйца куриные (n=150)					
Масса, г	62,70±0,64	61,58±0,69	60,52±0,69	59,26±0,70	55,64±0,70
Усушка, %	-	1,79	3,48	5,49	11,26
Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	1,0857*	1,0663	1,0478	1,0260	0,963
Снижение плотности, %	-	1,79	3,49	5,50	11,30
Яйца перепелиные (n=240)					
Масса, г	12,81±0,16	12,57±0,16	12,21±0,16	11,95±0,16	11,07±0,16
Усушка, %	-	1,87	4,68	6,71	13,58
Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	1,0711*	1,0518	1,0216	0,9987	0,9254
Снижение плотности, %	-	1,80	4,63	6,76	13,60

\*Ошибка средней у показателей плотности в пределах 0,0001-0,0003

В таблице 11 представлена динамика массы и плотности куриных и перепелиных яиц, хранившихся в одинаковых условиях температуры и относительной влажности (13-17<sup>0</sup>С и 60±5%).

Перепелиные яйца уже на 30-е сутки хранения потеряли 6,71% своей первоначальной массы и многие из них всплыли (плотность меньше 1 г/см<sup>3</sup>), а куриные – только 5,42% и всплыли после 55-60 сут. хранения. Результаты многих опытов показали, что темпы усушки яиц разных видов птицы различны и значительно колеблются в пределах одного вида. Это объясняется различным качеством опытных яиц и условиями их хранения.

Ранее выяснено, что усушка яиц определяется условиями их хранения. В связи с этим были проведены исследования по изучению динамики плотности перепелиных яиц при хранении в стандартных условиях и условиях лаборатории (таблица 12).

Таблица 12 – Динамика плотности перепелиных яиц при разных условиях хранения

Показатели	Сроки хранения яиц, сут.				
	1	10	20	30	60
Хранение в стандартных условиях (n=136)					
Усушка, %	-	0,94	1,73	2,73	5,11
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,0760*	1,0663	1,0578	1,0460	1,0211
Снижение плотности, %	-	0,90	1,69	2,79	5,10
Хранение в лаборатории (n=240)					
Усушка, %	-	1,87	4,68	6,71	13,58
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,0711*	1,0518	1,0216	0,9987	0,9254
Снижение плотности, %	-	1,80	4,63	6,76	13,60

\*Ошибка средней у показателей плотности в пределах 0,0001-0,0003

Данные таблицы свидетельствуют, что при хранении в стандартных условиях плотность 30-суточных перепелиных яиц снижается в среднем с 1,076 (свежие) до 1,046 г/см<sup>3</sup>, а 60 – суточных – до 1,0211. В условиях лаборатории или магазина (вне холодильника) – до 0,998 и 0,925 г/см<sup>3</sup> соответственно (всплывают в дистиллированной воде).

В целом, снижение массы и плотности яиц в процессе хранения практически совпадают, независимо от условий их хранения.

В ряде проведенных опытов было установлено, что начальная плотность, то есть плотность свежего (суточного) яйца неодинакова и зависит от качества скорлупы (упругой деформации, толщины, относительной массы и др.). Коэффициент корреляции между упругой деформацией скорлупы и плотностью по результатам пяти опытов для перепелиных яиц оказался в среднем –  $-0,71235$ , а коэффициент регрессии плотности на 1 мкм упругой деформации –  $0,000595$ , округленно  $0,0006 \text{ г/см}^3$ , или  $0,6 \text{ мг/см}^3$ .

Ниже представлена зависимость плотности куриных яиц от величины упругой деформации:

Упругая деформация, мкм	24,0	27,8	32,0	36,6	44,2
Плотность, $\text{г/см}^3$	1,080	1,077	1,073	1,071	1,068

Подобная связь была определена и для перепелиных яиц:

Упругая деформация, мкм	16	20	24	28	32
Плотность, $\text{г/см}^3$	1,076	1,072	1,069	1,066	1,063

Преимущество оценки яиц по плотности в том, что по этому показателю можно судить, насколько они близки к всплыванию в дистиллированной (или пресной) воде.

Главное же преимущество в том, что по плотности можно достаточно точно определить свежесть яиц: чем выше плотность, тем свежее яйцо.

Недостатком оценки яиц по плотности является необходимость взвешивать яйца в дистиллированной воде, а также сложность восприятия больших чисел, выражающих плотность (с 4-5-ю знаками). Кроме того, плотность яиц зависит от толщины скорлупы, что снижает точность определения их свежести.

### 3.1.4 Динамика индексов белка и желтка яиц при хранении

Кроме усушки и плотности показателями «возраста» являются индекс белка и индекс желтка, по которым судят о длительности либо условиях хранения яиц.

Снижение индексов идет в основном параллельно снижению массы яиц (таблица 13).

Таблица 13 – Динамика индексов белка и желтка при хранении в условиях лаборатории

Показатели	Сроки хранения яиц, сут.				
	1	10	20	30	60
Яйца куриные (n=150 шт.)					
Усушка, %	-	1,79	3,48	5,49	11,26
Индекс белка, %	7,31±0,12	6,15±0,24	5,39±0,22	3,90±0,16	2,61±0,16
Индекс желтка, %	45,3±0,41	42,18±0,34	41,50±0,43	37,69±0,40	30,94±0,67
Яйца перепелиные (n=120 шт.)					
Усушка, %	-	2,01	3,71	6,79	14,43
Индекс белка, %	10,16±0,09	6,20±0,29	5,78±0,21	5,20±0,26	4,32±0,24
Индекс желтка, %	47,78±0,67	41,96±0,66	41,24±0,68	38,18±0,60	29,24±0,89

Установлено, что у перепелиных яиц при более высокой усушке (на 3,17%) индекс белка за 60 сут. хранения снизился в 2,35 раза, а у куриных – в 2,8 раза, т.е. индекс белка перепелиных яиц оказался более устойчив к хранению. Однако желток перепелиного яйца оказался менее стабильным образованием, составив лишь 61,2%, против 68,3% у куриных от индекса желтка суточных яиц, что вероятно, свидетельствует о более слабом диффузном движении воды из белка в желток у перепелиных яиц по сравнению с куриными.

Это было подтверждено в нескольких сериях опытов на 145 куриных и 186 перепелиных яйцах, помещенных в открытые бугорчатые прокладки и хранившиеся 4-5 недель в условиях лаборатории. Усредненные данные представлены на рисунке 9.

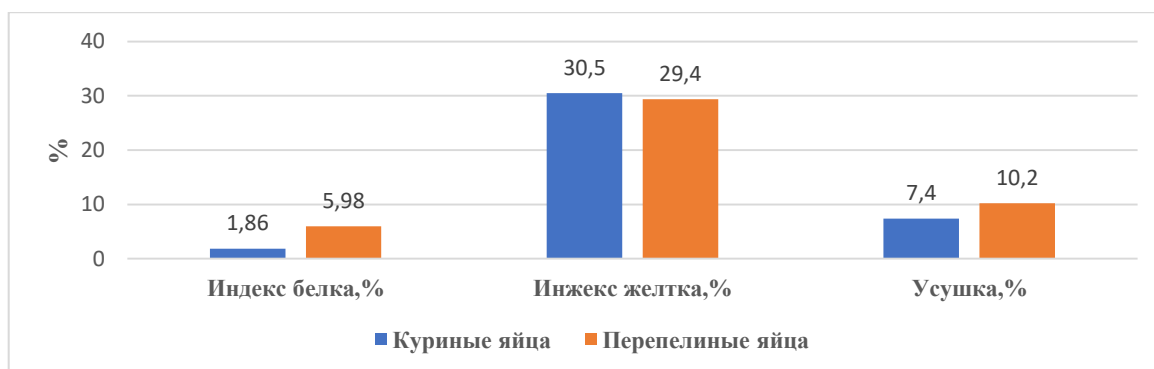


Рисунок 9 – Сравнительная характеристика индексов и усушки после 4-5 недельного хранения яиц

В результате хранения куриные яйца потеряли массу на 2,8% меньше, чем перепелиные. При почти одинаковых индексах белка и желтка у куриных и перепелиных яиц в начале хранения, после 4-5 нед. хранения индекс белка перепелиных яиц оказался достоверно ( $P \geq 0,999$ ) выше, чем у куриных, а разность по индексу желтка была незначительна и недостоверна.

Динамика индексов белка и желтка у перепелиных яиц при хранении в разных условиях показывает разную интенсивность их старения (таблица 14).

Таблица 14 – Динамика индексов белка и желтка у перепелиных яиц при хранении в разных условиях

Показатели	Сроки хранения яиц, сут.				
	1	10	20	30	60
Хранение в стандартных условиях (n =100 яиц)					
Усушка, %	-	1,9	3,65	4,77	12,89
Высота белка, мм	4,54±0,07	3,81±0,09	3,21±0,07	2,64±0,06	2,27±0,08
Индекс белка, %	10,76±0,09	9,05±0,22	7,32±0,22	5,85±0,25	5,01±0,27
Высота желтка, мм	12,31±0,08	12,18±0,10	11,50±0,13	10,52±0,13	8,92±0,12
Индекс желтка, %	48,95±0,59	47,56±0,60	43,40±0,79	38,30±0,58	30,39±0,63
Хранение в лаборатории (n=120)					
Усушка, %	-	2,01	3,71	6,79	14,43
Высота белка, мм	4,14±0,05	2,78±0,09	2,57±0,07	2,34±0,10	1,91±0,07
Индекс белка, %	10,16±0,09	6,20±0,29	5,78±0,21	5,20±0,26	4,32±0,24
Высота желтка, мм	11,21±0,11	10,98±0,09	11,01±0,13	10,15±0,10	8,44±0,19
Индекс желтка, %	47,78±0,67	41,96±0,66	41,24±0,68	38,18±0,60	29,24±0,89

Данные таблицы показывают снижение индексов белка и желтка независимо от условий хранения. Однако, при хранении в лаборатории резкое снижение индексов желтка и белка произошло уже в первые 10 дней, а затем

гораздо медленнее. В целом, что снижение индексов белка и желтка в первые 30 суток хранения происходит более интенсивно, чем в последующие 30 суток. Хранение в стандартных условиях заметно тормозило падение индексов. Величина индексов зависит от высоты и диаметра белка и желтка. Однако, наблюдая за изменениями индексов, на наш взгляд, наиболее показательным из этих биофизических показателей является высота. В процессе исследования динамики высоты плотного белка и желтка куриных яиц можно заметить, что изменения этих показателей (яйца хранились в течение 28 сут.) ведет к изменению индексов, которые характеризуют старение яиц (таблица 15).

Таблица 15 – Связь темпов усушки куриных яиц с индексами белка и желтка

Среднесуточная усушка, %		Число яиц, шт	Индексы, %	
в среднем	пределы		белка	желтка
0,140	0,120-0,159	27	4,89±0,20	34,82±0,50
0,177	0,160-0,199	47	4,62±0,15	33,85±0,43
0,222	0,200-0,239	25	4,18±0,17	32,71±0,48

Степень среднесуточной усушки гораздо сильнее отражается на изменении индекса желтка, чем белка. При увеличении суточной усушки с 0,140 до 0,222% индекс белка снизился почти на 0,71%, а желтка на 2,11%. Коэффициент корреляции между усушкой и индексами белка и желтка сильно колеблется: от -0,240 до -0,602. Это означает, что усушка яиц и снижение индекса белка – процессы во многом самостоятельные. Опытным путем установлено, что при полном отсутствии усушки (поры закрыты вазелином) снижение индексов белка и желтка все равно происходит, но гораздо медленнее [135,177]. В связи с этим при определении «возраста» яиц, кроме усушки в ответственных случаях следует дополнительно использовать индексы желтка и белка.

Влияние массы куриных и перепелиных на динамику индексов белка и желтка при хранении показано в таблице 16.



Таблица 16 – Индексы белка и желтка куриных и перепелиных яиц разной величины при хранении 30 суток

Группы	Индексы, %			
	перепелиные яйца		куриные яйца	
	индекс белка	индекс желтка	индекс белка	индекс желтка
Мелкие	6,18±1,12	30,86±0,59	1,85±0,2	31,43±0,83
Средние	5,94±0,88	28,73±1,26	1,69±0,36	31,19±0,81
Крупные	5,88±0,36	28,76±1,77	2,27±0,33	28,74±1,18
В среднем	5,98 ± 0,43	29,39 ± 0,71	1,86 ± 0,18	30,5 ± 0,57

Данные таблицы 16 показывают, что величина яиц слабо и недостоверно отражается на индексах белка и желтка после 30-суточного хранения. В целом же подтверждается более форсированное снижение индекса белка у куриных яиц (рисунок 10).



Рисунок 10 – Изменение индексов белка и желтка в перепелиных и куриных яйцах при хранении

На основании полученных данных можно сказать, что при хранении в одинаковых условиях перепелиные яйца по сравнению с куриными быстрее теряют массу, плотность, но лучше сохраняют индекс белка.

### 3.1.5 Единицы Хау и показатель IQU

Одним из показателей, характеризующих свежесть куриных яиц, являются единицы Хау, которые определяются по формуле или по таблице. Для перепелиных яиц кроме показателя единиц Хау (рассчитанных по той же формуле, что и для куриных яиц), используют показатель IQU.

Исследованиями установлено, что у свежих (суточных) перепелиных яиц массой 10-14 г единицы Хау обычно (при высоте плотного белка 4 мм) колеблются от 81 до 85 в зависимости от массы яиц, возраста птицы и т.д. Показатель IQU у этих же яиц был равен 46,8 и 60,1 (Приложение 2 и 3).

Сравнительная динамика показателей Хау и IQU в зависимости от массы яиц при высоте плотного белка (3 мм) представлена следующими данными:

Масса яиц, г	8	9	10	11	12	13	14	15
Единицы Хау	84,07	83,04	82,05	81,10	80,18	79,29	78,43	77,59
Отклонение	-	1,03	0,99	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
Показатель IQU	55,32	51,58	47,65	43,47	39,88	34,15	28,83	22,93
Отклонение	-	3,74	3,93	4,18	3,59	5,73	5,32	5,90

Полученные данные показывают незначительное (в среднем на 0,3) равномерное понижение единиц Хау в зависимости от массы перепелиных яиц. Снижение показателя IQU происходило более заметно и неравномерно.

При изменении массы яиц на 7 г (от 8 до 15 г) показатель Хау потеряли 6,48 единиц (в среднем 0,81 на 1 г массы) своего показателя, а показатель IQU – 32,39 единиц, т.е. по 4,05 на каждый 1 г массы яйца.

Незначительное снижение единиц Хау у перепелиных яиц связано с тем, что этот показатель изначально был рассчитан для куриных яиц с учетом их массы, где 1 г составляет всего 1,4-2,0% от массы яйца (50-70 г), у перепелиных яиц 1 г соответствует 6,67 – 12,5% (8-15г).

Исследования динамики высоты плотного белка в процессе хранения яиц при использовании показателей Хау и IQU показали аналогичные результаты: на каждые 0,5 мм единицы Хау в среднем изменяются на 2,73, а показатель IQU – на 6,65.

Таким образом, можно сказать, что показатель IQU более точно определяет изменение высоты плотного белка в зависимости от массы исследуемых яиц при их хранении.

В процессе исследования было проведено сравнение данных показателей применительно к перепелиным яйцам с разным сроком хранения в условиях торговой сети (таблица 17).

Таблица 17 – Сравнительная характеристика показателей Хау и IQU при хранении перепелиных яиц в торговой сети (усредненные данные)

Длительность хранения, сут.*	Число яиц, шт	Высота белка, мм	Индекс белка, %	Показатели	
				Хау	IQU
15 и менее	40	3,02±0,14	7,85±0,40	80,77	41,98
20	40	3,30±0,14	9,45±0,43	83,18	49,18
25	40	2,84±0,14	6,85±0,39	79,41	38,39
30	40	2,90±0,12	7,43±0,41	79,26	35,96
35	40	2,74±0,12	6,52±0,32	77,72	31,14

\*Длительность хранения яиц определена по этикетке

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о криволинейности изменений высоты, индекса белка и показателей Хау и IQU при различных условиях хранения в торговых сетях. Следует отметить, что оба исследуемых показателя (Хау и IQU) отражали направленность изменения высоты белка и его индекса. Рассчитанные коэффициенты корреляции высоты и индекса белка с показателями Хау и IQU у яиц без учета длительности и условий хранения были достаточно высокими и достоверными. Так, коэффициенты корреляции между единицами Хау и высотой белка яиц колебались от 0,92 до 0,97 ( $P \geq 0,999$ ), а с индексом белка от 0,84 до 0,90 ( $P \geq 0,999$ ). Несколько ниже оказались коэффициенты корреляции между показателем IQU у яиц и показателями высоты белка и его индексом: от 0,76 до 0,87 и от 0,71 до 0,88 соответственно при  $P \geq 0,999$ .

Следует отметить, что динамика единиц Хау и показателя IQU у яиц с разным сроком хранения была очень похожа и отличалась только их величиной (рисунок 11).

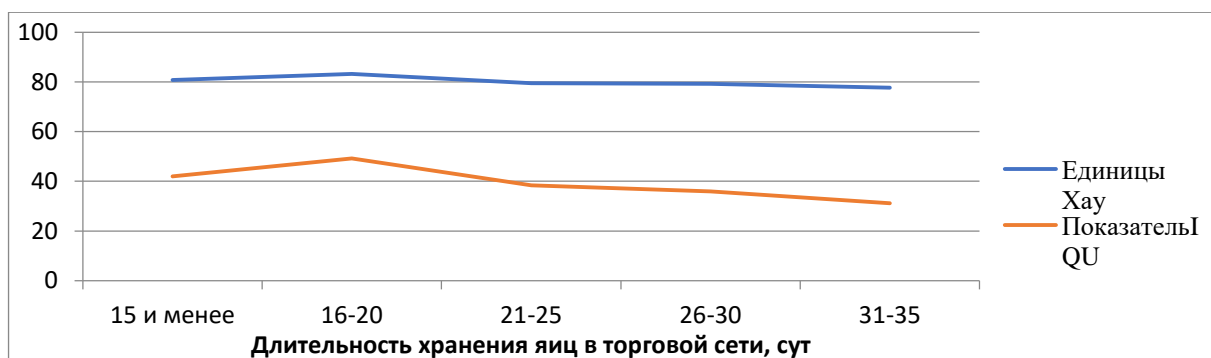


Рисунок 11 – Сравнительная динамика показателей Хау и IQU у перепелиных яиц при хранении в торговых залах

Данные рисунка свидетельствуют о том, что о изменениях (высота белка по отношению массы яйца), происходящих в яйцах при хранении, более четко указывает показатель IQU, несмотря на то, что коэффициенты корреляции между исследуемыми показателями (Хау и IQU) были высокими и достоверными и колебались от 0,946 до 0,961 ( $P \geq 0,999$ ).

Таким образом исследования показали, что использование единиц Хау и показателя IQU достаточно точно отражают изменения внутренних качеств (белка) при хранении яиц. Однако использование показателя IQU более четко свидетельствуют о происходящих изменениях в перепелиных яйцах, чем единицы Хау.

### 3.1.6 Коэффициент рефракции и количество сухого вещества белка и желтка при хранении яиц

Известно, что рефракция (преломление света) показывает степень концентрации сухих веществ в яйцах разных видов птицы. В результате исследования, проведенного на 60 куриных и 180 перепелиных яйцах, были получены следующие результаты, представленные в таблице 18 и рисунках 12-14.

Таблица 18 – Сравнительная характеристика коэффициентов рефракции и сухих веществ у свежих куриных (n=60) и перепелиных (n=60) яиц

Вид яиц	Коэффициент рефракции		Количество сухих веществ, %	
	белка	желтка	в белке	в желтке
Куриные	1,35336	1,41700	13,1	48,35
Перепелиные	1,35584	1,41859	13,5	52,7

Данные таблицы свидетельствует о некотором преимуществе по количеству сухих веществ и соответственно по коэффициенту рефракции белка и желтка перепелиных яиц.

Испарение влаги из яйца ведет к увеличению сухого вещества, как в белке, так и в желтке, вызывая изменение химического состава в них в процессе хранения. При этом условия хранения несомненно могут оказывать влияние на изменение сухого вещества в белке и желтке, что видно на рисунке 12.

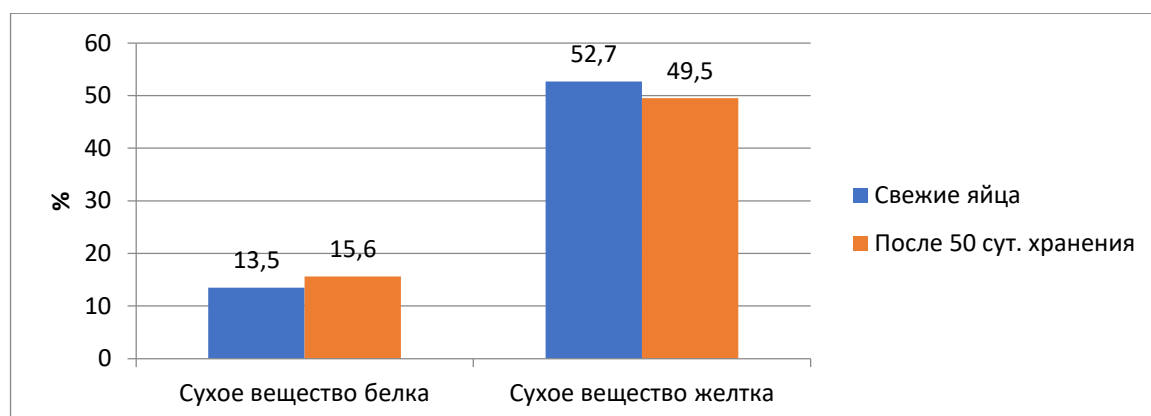


Рисунок 12 – Доля сухого вещества в белке и желтке яиц при хранении (50 сут.)

Графический анализ полученных результатов свидетельствует о потере влаги из белка (по сравнению со свежими яйцами на 2,1%), которая происходила, как за счет испарения через поры скорлупы, так и диффузного перехода воды из белка в желток. При этом сухое вещество в желтке по сравнению со свежими яйцами уменьшилось на 3,2%.

О потере воды из белка за счет испарения или ее миграции в желток свидетельствуют коэффициенты рефракции. Исследования показали, динамику коэффициентов рефракции белка и желтка при длительном хранении яиц (рисунок 13).

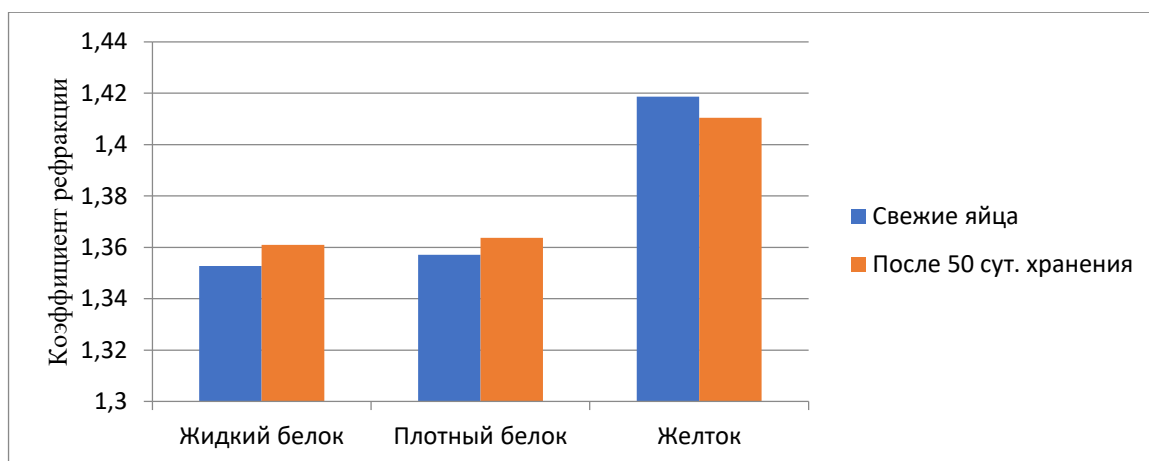


Рисунок 13 – Коэффициент рефракции свежих и хранившихся яиц

Данные рисунка показывают небольшое увеличение коэффициентов рефракции за период хранения в жидком (на 0,6%) и плотном (0,5%) белке и снижение – у желтка (на 0,6%). При этом установлено, что на динамику коэффициентов рефракции влияют условия хранения перепелиных яиц в течение 50 суток (рисунок 14).

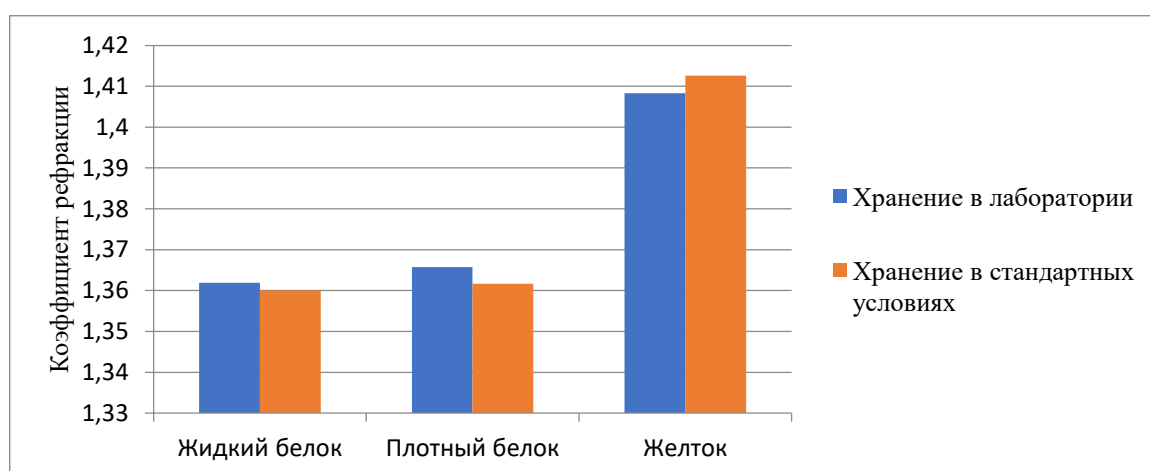


Рисунок 14. Коэффициенты рефракции белка и желтка при хранении в разных условиях

Данные рисунка показывают, что в стандартных условиях жидкий и плотный белок задерживали воду лучше (на 0,6 и 0,3% соответственно), чем при хранении яиц в условиях лаборатории. Коэффициент рефракции желтка свидетельствует об обратном процессе, т.е. в условиях лаборатории в желток диффузия воды происходила на 0,4% интенсивнее, чем в желток яиц при хранении в стандартных условиях.

Таким образом, исследования динамики сухого вещества и коэффициентов рефракции показали, что в процессе хранения яйца белок теряет воду, а желток ее принимает, причем интенсивность этих процессов зависит от условий хранения

### 3.1.7 Изменения пигментации желтка при хранении

Исследования проведены на 400 перепелиных яйцах, полученных из перепелиного хозяйства «Перепелочка». При изучении пигментации яиц использовались одновременно три методики определения пигментации желтка: по 10-бальной шкале с использованием бихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) – шкала, условно названная «Хромпик»; по 15-бальной шкале Роше и с помощью спектрофотометра UV-1700 (в Межобластной ветлаборатории). Первые две методики пигментации желтка производились на кафедре птицеводства СПбГАУ.

Определение пигментации желтков перепелиных яиц проводилась ежедекадно (до 30 сут.), а затем через 30 сут. хранения. В результате исследования было установлено, что оценка пигментации по шкале Роше и «Хромпика» имела некоторые различия (таблица 19).

Таблица 19 – Динамика пигментации желтка перепелиных яиц при визуальной оценке по шкале Роше и «Хромпика»

Дни хранения	По шкале Роше			По «Хромпику»		
	в среднем	lim	Cv,%	в среднем	lim	Cv,%
1	4,8±0,17	4-6	16,0	3,9±0,12	3-5	14,1
11	4,59±0,14	4-6	13,5	4,88±0,14	4-6	10,2
26	4,55±0,13	4-6	13,2	4,95±0,13	4-6	12,1
30	4,85±0,15	4-6	13,8	5,45±0,13	5-7	11,0
60	5,32±0,14	4-6	14,0	5,87±0,15	5-7	12,5

Как видно из таблицы, при оценке пигментации желтка по шкале Роше закономерности изменения этого признака в процессе хранения не наблюдается: у свежих и 30-суточных яиц пигментация желтка была практически одинаковой. Колебания оказались недостоверными, лимиты (в течение месячного срока хранения) стабильны и не выходили за пределы 4-6 баллов. Однако, за последующие 30 суток хранения (у 60-суточных яиц) средний балл пигментации

увеличился на 0,47 (9,69%), при неизменных лимитах окраски желтка и стабильных в целом коэффициентах вариации. Однако более контрастно выглядела динамика пигментации при ее оценке по «Хромпику». Так, при увеличении сроков хранения пигментация увеличилась с 3,9 до 5,87 баллов при высокой достоверности ( $P > 0,999$ ). Некоторое отклонение от четкой закономерности увеличения объясняется тем, что в разные сроки хранения разбивались и оценивались не одни и те же яйца. При этом лимиты колебались от 3-5 (суточные) до 5-7 баллов (60-дневные), а коэффициент вариации оказался несколько ниже, чем при оценке по шкале Роше.

Это подтвердилось содержанием каротиноидов, определенных объективно, с помощью спектрофотометра (рисунок 15).

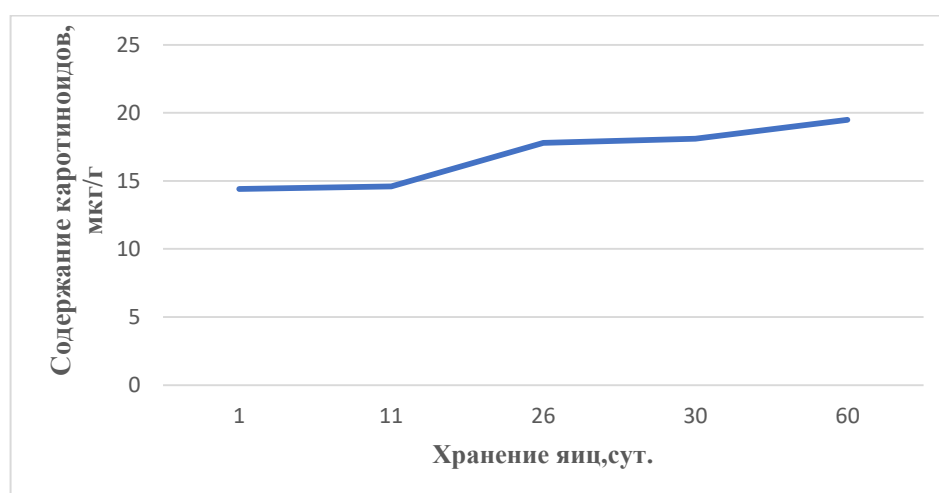


Рисунок 15 – Динамика содержания каротиноидов в желтке при хранении перепелиных яиц

Исходя из результатов, полученных в лаборатории, можно сказать, что количество каротиноидов в грамме желтка к 60 дню хранения возрастает. Наиболее четкой по направленности изменения окраски желтка оказалась шкала «Хромпик». По нашему мнению, оценка по шкале «Хромпик» является более точной. Это можно объяснить тем, что шкала «Хромпик» с присутствием в растворе молока лучше имитирует пигментацию желтка перепелиных яиц, что облегчает оценку.



Вероятно, повышение пигментации связано с потерей воды из желтка и яйца в целом, вследствие чего повышается концентрация сухих веществ в желтке. Другой причиной повышения пигментации, по нашему мнению, главной, является окисление содержащихся в желтке солей железа. Поэтому правильнее говорить именно о потемнении желтка при хранении, но не об увеличении каротиноидов.

В процессе хранения перепелиных яиц было замечено, что на желтке, начиная с 30 сут. хранения, появляются различной величины более темные пятна и количество таких яиц с «пятнистым» желтком увеличивается по мере хранения, но также зависит от условий хранения (рисунок 16).

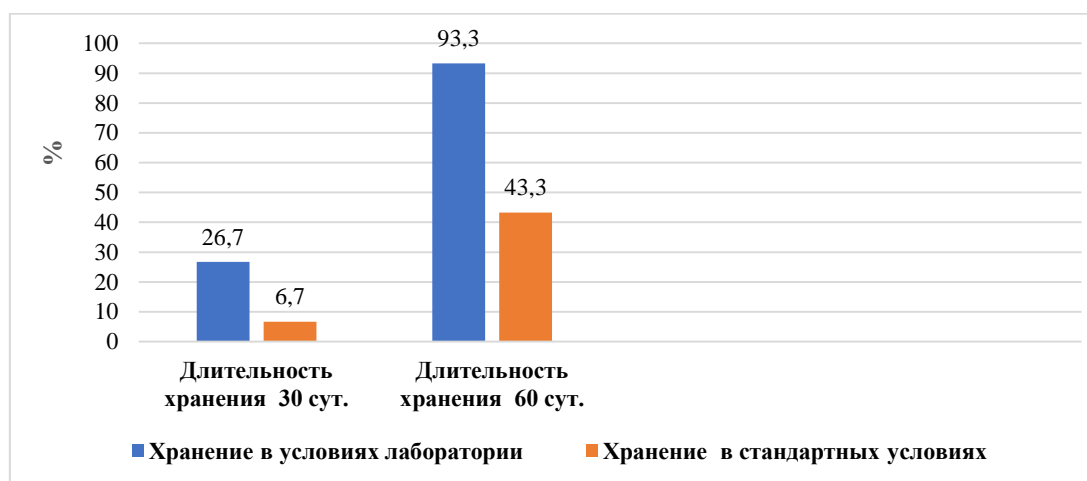


Рисунок 16 – Частота (%) появления «пятнистости» желтков при хранении

Таким образом, желток, как и все остальные составные части яйца, изменяется в процессе хранения, а его пигментация, определяемая содержанием в нем пигментных составляющих, является показателем старения яйца.

### 3.1.8 Динамика рН белка и желтка при хранении яиц

Известно, что яйцо птицы - сложная биологическая структура, которая влияет на концентрацию водородных ионов (рН) в процессе хранения, вследствие происходящих в яйце химических реакций окисления. Скорость протекания таких изменений определяется не только длительностью хранения яйца, его биофизическими качествами, но и условиями, в которых находится яйцо.

Перепелиные яйца обладают самой низкой массой, тонкой скорлупой, плотной подскорлупной оболочкой, а химический состав, по сравнению с куриными, значительно богаче по содержанию витаминов, макро- и микроэлементов, что, несомненно, может оказывать влияние на интенсивность и глубину происходящих биохимических изменений при хранении яиц. Для сравнения были определены рН белка и желтка с помощью рН-метра «Нитрон-рН» у куриных (n=150) и перепелиных (n=200) яиц при хранении их в одинаковых условиях. Результаты исследования представлены на рисунке 17.

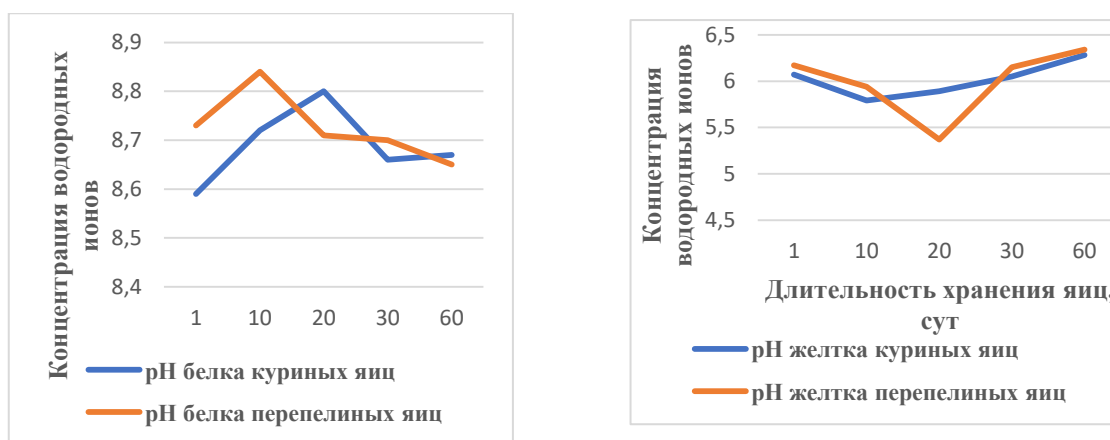


Рисунок 17 – Динамика изменения рН белка и желтка куриных и перепелиных яиц при хранении в одинаковых условиях

Анализ графических данных свидетельствует о криволинейной направленности изменения рН белка и желтка у исследуемых образцов куриных и перепелиных яиц. Следует отметить общее в динамике рН у куриных и перепелиных яиц. Во-первых, в процессе хранения в белке куриных яиц на 10-е, а у перепелиных – на 20-е сутки происходит значительное повышение рН, что, вероятно, связано с химическими изменениями в яйцах при хранении, а в дальнейшем происходит постепенное снижение концентрации водородных ионов в белке яиц.

В связи с этим была исследована динамика рН у перепелиных яиц при хранении в стандартных условиях (8-10<sup>0</sup>С и относительная влажность 80-85%) и при хранении в условиях повышенных температур и более низкой относительной влажности, в лаборатории (17±2<sup>0</sup>С и 60±5% соответственно).

Установлено, что изменение рН белка яиц при хранении в комнатных условиях происходило интенсивней, чем при хранении в условиях холодильника (таблица 20).

Таблица 20 – Изменение рН белка и желтка в различных условиях хранения

Структурные элементы яйца	рН при хранении			
	в стандартных условиях		в условиях лаборатории	
	1сут.	50 сут.	1сут.	50 сут.
Белок	8,58±0,09*	8,77±0,06	8,62±0,10***	9,16±0,10
Желток	6,01±0,05***	6,63±0,13	6,06±0,10***	6,83±0,07

В результате исследования рН белка и желтка яиц при хранении в разных условиях выяснено, что тенденция изменения этого показателя повторялась, с высокой достоверностью разницы между группами ( $P \geq 0,95$  и  $P \geq 0,999$ ).

В хозяйствах и при реализации кроме целых яиц присутствуют яйца с поврежденной скорлупой (насечка, бой). В связи с этим была изучена динамика рН таких яиц. Материалом исследования служили 150 целых и 80 яиц с поврежденной («насечка») скорлупой при использовании упаковок из полистирола (таблица 21).

Таблица 21 – Динамика показателя рН белка и желтка в перепелиных яйцах при хранении в стандартных условиях

Показатели	Длительность хранения, сут.			
	1	30	50	60
рН белка				
Целые	8,40±0,09	8,87±0,05	8,84±0,08	8,86±0,02
Битые	8,65±0,13	8,41±0,15	8,57±0,07	-
рН желтка				
Целые	6,09±0,01	6,49±0,07	6,60±0,09	6,72±0,07
Битые	6,27±0,02	6,61±0,09	6,33±0,09	-

Данные таблицы свидетельствуют в целом об увеличении этого показателя, которое происходило не всегда прямолинейно. Следует отметить, что между рН белка и желтка целых яиц суточного и последующего (с 30 сут.) хранения были установлены высокодостоверные различия ( $P \geq 0,999$ ). Анализ данных рН желтка у целых яиц показал четкую закономерность увеличения этого показателя. При этом различия между рН желтка суточных яиц и рН желтка при хранении были

достоверными ( $P \geq 0,999$ ). У битых яиц изменения этого показателя при хранении имели криволинейный характер.

### 3.1.9 Динамика качества скорлупы

В процессе хранения скорлупа куриных яиц, как известно из литературы, почти не изменяет свои биофизические качества, кроме видимых: немного увеличивается мраморность, появляется характерный блеск скорлупы в результате разрушения кутикулы.

Исследованием установлено, что перепелиных яиц с мраморной скорлупой очень немного (не более 1%), и изменчивость этого показателя у них очень мала ( $Cv = 1,20\%$ ). Кроме того, огромную сложность представляет определение мраморности у яиц с сильно пигментированной и пестрой скорлупой. Поэтому об изменении мраморности скорлупы перепелиных яиц в процессе хранения, по нашему мнению, достоверно сказать нельзя.

При хранении перепелиных яиц нами не замечено приобретение ими характерного (подобного куриным яйцам с длительным сроком хранения) блеска. Особенности скорлупы перепелиных яиц (японской, эстонской и др. пород) является то, что часть из них обладают таким блеском уже в первые сутки после снесения. В связи с этим, по нашему мнению, определение «возраста» яиц по блеску скорлупы для перепелиных яиц малопригодно.

В процессе исследования нами установлено, что средняя упругая деформация скорлупы большинства перепелиных яиц колеблется от 23 до 26 мкм, однако максимальные колебания по этому показателю у целых яиц составляли от 16 до 44 мкм. Биофизические характеристики скорлупы перепелиных яиц представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Средние биофизические характеристики скорлупы перепелиных яиц

Показатели	n	$\bar{X} \pm m$	Lim	$C_v, \%$
Упругая деформация скорлупы, мкм	1100	26,45±0,17	16...44	23.12
Толщина скорлупы, мкм	750	202,2±2,02	170...250	7.23
Относительная масса скорлупы, %	750	10,71±0,02	8,80...14,87	7,88
Пористость скорлупы, число пор/см <sup>2</sup>	113	129.8±3.29	85...210	26.94
Толщина подскорлупной пленки, мкм (	100	18,25±0.19	5...40	18,25

Следует сказать, что значение подскорлупной пленки при усыхании яиц в процессе их хранения до конца выяснить не удалось. Однако достоверно ( $P \geq 0,999$ ) определено, что толщина подскорлупной пленки при хранении перепелиных яиц в стандартных условиях имеет отрицательную связь с величиной усушки как за определенные периоды хранения, так и с общей потерей массы яиц. Коэффициенты корреляции колебались от  $-0,33$  до  $-0,52$ . Причем наиболее тесной связь подскорлупной оболочки с усушкой наблюдалась в период второй и третьей недели хранения.

Значительно более слабой и недостоверной оказалась связь толщины подскорлупной оболочки с усушкой после 1-2-недельного хранения в условиях магазина, а в последующем – в стандартных условиях. Однако в большинстве случаев направленность связи толщины подскорлупной оболочки и потери массы яиц была отрицательной.

В процессе хранения упругая деформация скорлупы перепелиных яиц ( $n=60$ ), как и куриных ( $n=60$ ), практически не изменяется:

Длительность хранения, сут.	1	10	20	30	40	50	60
Упругая деформация куриных яиц, мкм	24,20	24,25	23,90	24,21	24,23	24,30	24,25
Упругая деформация перепелиных яиц, мкм	25,15	25,50	25,23	25,25	25,41	25,19	25,25

Это позволяет по упругой деформации определять исходную плотность (гидроплотность) яиц и по ней оценивать их свежесть.

Таблица 23 – Качественные характеристики скорлупы перепелиных яиц

Опытная группа	Плотность в среднем		Упругая деформация скорлупы в среднем		Коэффициент корреляции между плотностью яиц и упругой деформацией скорлупы
	$X \pm m$ , г/см <sup>3</sup>	$Cv$ , %	$X \pm m$ , мкм	$Cv$ , %	
Группа 1 (n=90)	1,072062±0,004	0,48	23,62±0,46	18,58	- 0,6885
Группа 2 (n=18)	1,076118±0,001	0,55	30,68±0,92	17,11	- 0,78926
Группа 3 (n=22)	1,060417±0,001	0,66	29,11±0,80	20,01	- 0,62081
Группа 4 (n=91)	1,059674±0,0007	0,66	26,82±0,60	20,62	- 0,70221
Группа 5 (n=90)	1,064780±0,001	0,69	22,44±0,39	17,62	-0,75225
В среднем (n=311)	1,064785±0,001	0,89	26,53±0,48	22,35	- 0,71235

Данные измерения 311 перепелиных яиц свидетельствуют в целом о высоких значениях упругой деформации исследуемых яиц и о высокой и достоверной ( $P \geq 0,999$ ) связи упругой деформации перепелиных яиц с их плотностью.

### 3.1.10 Микробная загрязненность яиц

Материалом исследования, которое проводилось на кафедре птицеводства и мелкого животноводства СПбГАУ, явились перепелиные яйца с целой (n = 160 шт) и с поврежденной (n = 80 шт) скорлупой, полученные из фермерского перепелиного хозяйства «Приручейная долина» Ленинградской области.

Хранение яиц производилось в условиях холодильника кафедры при температуре 5-8°C и относительной влажности воздуха 80±5% (стандартные условия).

Методикой исследования было предусмотрено определение микробной зараженности БГКП (бактерии группы кишечной палочки: *Escherichia Citrobacter*, *Enterobacter*), Сальмонеллы, Стафилококка и КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов)

внутреннего содержимого перепелиных яиц через 1, 10, 30 и 60 суток их хранения по 40 шт. (с неповрежденной скорлупой) и по 20 шт. (с поврежденной) в Ленинградской межобластной ветеринарной лаборатории.

Исследование названных групп микроорганизмов было вызвано высокой частотой встречаемости их на продуктах питания с возможными серьезными последствиями для здоровья человека. Так, БГКП являются маркерами фекального загрязнения продукта, вызывают патологию в работе желудочно-кишечного тракта. Стафилококк золотистый (*Staphylococcus aureus*) является возбудителем многих инфекций (пневмония, менингит, сепсис и др.) и заболеваний (кожных, верхних дыхательных путей и т.д.). КМАФАнМ представлено общим микробным числом и включает различные таксономические группы микроорганизмов: бактерии, дрожжи, плесневые грибы, являясь наиболее распространенным тестом на микробную безопасность. Анализ на наличие микроорганизмов КМАФАнМ представляет санитарно-показательную микрофлору, по количеству которой косвенно можно судить о качестве, свежести и безопасности продукта а также о санитарном состоянии предприятия. Сальмонелла (*Salmonella*) является возбудителем брюшного тифа, паратифа, пищевых токсикоинфекций.

Исследования были проведены с использованием ГОСТ Р 52815-2007 (для *Staphylococcus aureus*), ГОСТ Р 52816-2007 (для БГКП), ГОСТ 10444.15-94 (КМАФАнМ) и ГОСТ Р 52814-2007 (ИСО 6579:2002) для определения сальмонеллы.

Результаты исследований яиц с неповрежденной скорлупой представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты анализа качества целых перепелиных яиц при хранении

Показатель	Хранение, сут.				Норматив
	1	10	30	60	
Staphylococcus aureus	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружен	не нормирует
БГКП	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружен	не нормирует
КМАФАнМ	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	<b>3,4*10<sup>2</sup></b>	не более 1*10 <sup>2</sup>
Сальмонеллы	в 125 г не обнаружено	в 125 г не обнаружено	в 125 г не обнаружено	в 125 г не обнаружен	в 125г не допускает

В результате было установлено, что при хранении яиц с неповрежденной скорлупой до 30 суток яйца оставались достаточно чистыми в «микробном» отношении. Именно эта длительность хранения перепелиных яиц рекомендуется в ГОСТе 31655 - 2012 «Яйца пищевые индюшиные, цесариные, перепелиные, страусиные». Однако после месячного хранения яиц в исследуемой группе обнаружено общее микробное число КМАФАнМ, превышающее указанный норматив (не более  $1 \cdot 10^2$ ) в 3,4 раза, что свидетельствует о происходящих в яйце изменениях. В связи с этим можно считать, что хранение перепелиных яиц даже с неповрежденной скорлупой более 30 суток в указанных условиях может привести к росту бактериальной обсемененности яиц. Повторно проведенные исследования яиц с целой скорлупой (n=160) при хранении в таких же условиях показал отрицательные результаты на наличие исследуемых микроорганизмов на яйцах. Возможно, что основной причиной появления патогенной микрофлоры на яйцах является экзогенные факторы при хранении яиц.

Результаты анализа яиц с поврежденной скорлупой представлены в таблице 25.



Таблица 25 – Результаты анализа качества перепелиных яиц с поврежденной скорлупой при хранении

Показатель	Хранение, сут.				Норматив
	1	10	30	60	
Staphylococcus aureus	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	не нормируется
БГКП	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	не нормируется
КМАФАнМ	в 1г не обнаружено	в 1г не обнаружено	<b>3,5*10</b>	<b>3,4*10<sup>2</sup></b>	не более 1*10 <sup>2</sup>
Сальмонеллы	в 125 г не обнаружено	в 125 г не обнаружено	в 125 г не обнаружено	в 125 г не обнаружено	в 125г не допускается

Результаты анализа показали, что яйца с поврежденной скорлупой при температуре 5-8°C и относительной влажности воздуха 80±5% не следует хранить более 30 суток, т.к. это сопряжено с возрастающей угрозой для здоровья потребителя (появление КМАФАнМ).

Таким образом, исследования показали, что хранение перепелиных яиц с целой скорлупой при температуре 5-8°C и относительной влажности воздуха 80±5% более 30 суток нежелательно. Яйца с поврежденной скорлупой имеют «безопасный» для здоровья человека срок хранения менее 30 суток.

При хранении вне холодильника опасность заражения, естественно, возрастает.

### 3.2 Влияние упаковки на результаты хранения перепелиных яиц

Птичье яйцо – это единственный животноводческий продукт, имеющий оригинальную природную, эстетически привлекательную упаковку – скорлупу. Она достаточно прочна, что объясняется не только её толщиной (350-380 мкм – у куриных и 200-230 мкм – у перепелиных яиц), но и сферичностью формы яйца. Однако, с использованием современной высокопродуктивной птицы в условиях хозяйств, где не всегда удовлетворяются потребности птицы в доставке минеральных веществ и витаминов для формирования скорлупы, а время на ее

образование в организме птицы значительно сократилось, прочность скорлупы часто не выдерживает технологического воздействия при сборе, транспортировке и реализации яиц, что ведет к повышенной их повреждаемости. Поэтому для сохранения целостности яиц издавна используется упаковочный материал из соломы, стружки, моха и др.), а со второй половины прошлого века – из формованной бумажной массы – бугорчатые прокладки, а затем контейнеры различной вместимости. В последние 20-30 лет на рынке упаковочных средств для куриных яиц появились и успешно конкурируют с бумажными контейнерами упаковки из жесткого пластика (полистерола) и вспененного полистирола. Доля использования, так называемых, розничных упаковок на рынке составила: бумажная упаковка (включая российских и западных производителей) – 67%, пластиковая упаковка – 28%, другие виды упаковки – 5%.

Зарубежным лидером производства бумажной упаковки является компания Hartmann (Дания), а среди отечественных предприятий наибольшая доля рынка принадлежит ЗАО «Готэк-Литар» [1].

Пластиковая упаковка на российском рынке представлена огромным количеством производителей как отечественных, так и иностранных («Овотерм», «Hartmann Verpackung GmbH», «Моба» и др.).

Увеличение производства и реализации перепелиных яиц в торговой сети стимулирует создание и использование различных упаковок, отличающихся не только количеством яиц в них (10, 12, 18, 20, и т.д.), их дизайном, но и использованием современных материалов для их изготовления. В настоящее время для перепелиных яиц используются упаковочные материалы двух видов: традиционные – картонные, из формованной бумажной массы (папье-маше) и более современные – упаковки из полистирола. Каждая из этих упаковок имеет свои преимущества и недостатки в дизайне, цене, удобстве и т.д. [2,3]. Однако наиболее важным, по нашему мнению, является качество упаковочного материала и его конструкция, непосредственно влияющие на сохранение свежести яиц.

Исследования зависимости усушки перепелиных яиц от материала упаковки было проведено в нескольких сериях опытов на более 1000 шт. перепелиных яиц,

приобретенные в хозяйствах области и в торговых сетях г. Санкт-Петербурга. Хранение яиц происходило в течение 21, 30 и 50 суток с использованием герметичных и негерметичных пластиковых упаковок из полистирола и упаковок из картона с ячейками из папье-маше и картонными перегородками (приложение 1).

На интенсивность старения яиц при хранении влияют прежде всего температура и относительная влажность воздуха. Влияние температуры при одинаковой относительной влажности ( $80\pm 5\%$ ) в процессе 30 сут. хранения яиц в картонных упаковках было изучено на 60 перепелиных яйцах (таблица 26).

Таблица 26 – Динамика массы перепелиных яиц при хранении в картонных упаковках при разной температуре

Показатели	Температура при хранении яиц		
	$17\pm 1^\circ\text{C}$	$8\pm 1^\circ\text{C}$	
Масса яиц, г	1 сут.	$12,42 \pm 0,20$	$12,39 \pm 0,19$
	30 сут.	$11,70 \pm 0,19$	$11,89 \pm 0,24$
Потеря массы,	г	0,72	0,50
	%	5,80	4,04
Среднесуточная потеря массы,	г	0,024	0,017
	%	0,193	0,135

Данные таблицы показывают, что при хранении в картонных упаковках потеря массы на 1,76% оказалась больше при более высокой температуре хранения.

В настоящее время на упаковках перепелиных яиц по ТУ хозяйств указаны сроки хранения яиц до 60 сут. В связи с этим были проведены исследования по длительному хранению перепелиных яиц в разных условиях с использованием упаковок из картона и пластика (полистирола).

Результаты хранения яиц в течении 50 сут. при температуре  $10\pm 1^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $80\pm 5\%$  (стандартные условия) и при температуре  $17\pm 1^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $60\pm 5\%$  (условия лаборатории), даны в таблице 27.

Таблица 27 – Усушка при хранении перепелиных яиц в разных температурно-влажностных режимах

Материал упаковки	Условия хранения	Масса яиц при хранении, г		Потеря массы за период хранения		Среднесуточная потеря массы	
		1 сут.	50 сут.	г	%	г	%
Картон (n=80яиц)	лаборатория	11,62±0,17	10,46±0,18	1,16	9,98	0,023	0,199
	стандартные	11,62±0,14	10,69±0,14	0,93	8,00	0,018	0,160
Пластик (n=80яиц)	лаборатория	11,62±0,16	11,25±0,17	0,37	3,18	0,0074	0,063
	стандартные	11,61±0,14	11,30±0,14	0,31	2,67	0,0062	0,053

Данные таблицы свидетельствуют о том, что при хранении яиц в условиях высокой температуры (лаборатория) в упаковке из картона увеличивается усушка яиц за 50 сут. на 1,98% по сравнению с хранением в стандартных условиях. При хранении в пластиковых упаковках усушка в зависимости от условий хранения была в 3 –3,14 раза меньше и составила в среднем за сутки – 0,063 (условия лаборатории) и 0,053% (стандартные условия).

Исследования по влиянию на усушку перепелиных яиц материала упаковки были продолжены в двух других опытах. В первом опыте перепелиные яйца в течение 30 суток хранились в условиях, приближенных к торговому залу в теплый период года (температура 15-18°C и относительной влажности 52-60%). Результаты исследования приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Динамика массы яиц при хранении в разных упаковках при высокой температуре и низкой влажности

Показатели	Упаковки		
	картонная с ячейками из папье-маше (n=54)	из полистирола	
		не герметичные (n=54)	герметичные (n=54)
Масса яиц, г при хранении:			
1 сут.	13,08±0,18	13,14±0,15	13,1±0,17
10 сут.	12,73±0,18	12,81±0,15	13,01±0,17
20 сут.	12,29±0,18	12,47±0,15	12,77±0,16
30 сут.	11,88±0,19	12,12±0,15	12,54±0,16
Потеря массы, г в период:			
1-10 сут.	0,35	0,33	0,09
11-20 сут.	0,44	0,34	0,24
21-30 сут.	0,41	0,35	0,23
Потеря массы за 30 сут.			
г	1,2	1,02	0,56
%	9,17	7,76	4,27
Среднесуточная потеря массы			
г	0,040	0,034	0,019
%	0,3	0,258	0,142

Данные таблицы свидетельствуют о лучшей сохраняемости яиц при использовании упаковок из полистирола. При этом, чем герметичнее эти упаковки, тем меньше усыхают яйца во время хранения при высокой температуре и низкой влажности воздуха.

Во втором опыте была изучена потеря массы яиц в различных упаковках при других условиях хранения.

Перепелиные яйца хранились в 3-х видах упаковки в течение 3-х недель при температуре 8-10°C и относительной влажности воздуха 80-85%. Результаты опыта представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Потеря массы перепелиных яиц за 21 сут. хранения при использовании различных упаковок

Тип упаковки	Число яиц, шт.	Масса яиц, г		Потеря массы за период, г	Усушка, %	Среднесуточная усушка, %
		начальная	конечная			
Картонная с картонными перегородками	40	11,62	11,15	0,47	4,04	0,192
Картонная с ячейками из папье-маше	40	11,01	10,61	0,40	3,63	0,172
Упаковка из полистирола (герметичная)	40	12,60	12,29	0,31	2,46	0,117

Данные таблицы свидетельствует, что в упаковке из жесткого пластика (полистерола) среднесуточная усушка была в 1,5–1,6 раза меньше, чем в картонных упаковках. Использование такой упаковки позволит снизить усушку за 21 сутки хранения на 1,5–1,6% и тем самым продлить свежесть яиц на несколько дней по сравнению с более влагопроницаемыми упаковками из картона.

Таким образом, необходимо и в дальнейшем совершенствовать упаковку для пищевых яиц, обратив внимание на плотность соединения ее створок.

Исследованиями было установлено, что плотность яиц при хранении свидетельствует о «возрасте» яиц и зависит не только от условий хранения, но и от типа упаковок. Был проведен сравнительный анализ хранения яиц в пластиковых (по 40 яиц в группе) и картонных упаковках (40 яиц) в условиях холодильных камер торгового зала (температура 8-10°C и относительная влажность 60±5%) и стандартных условиях (рисунок 18).

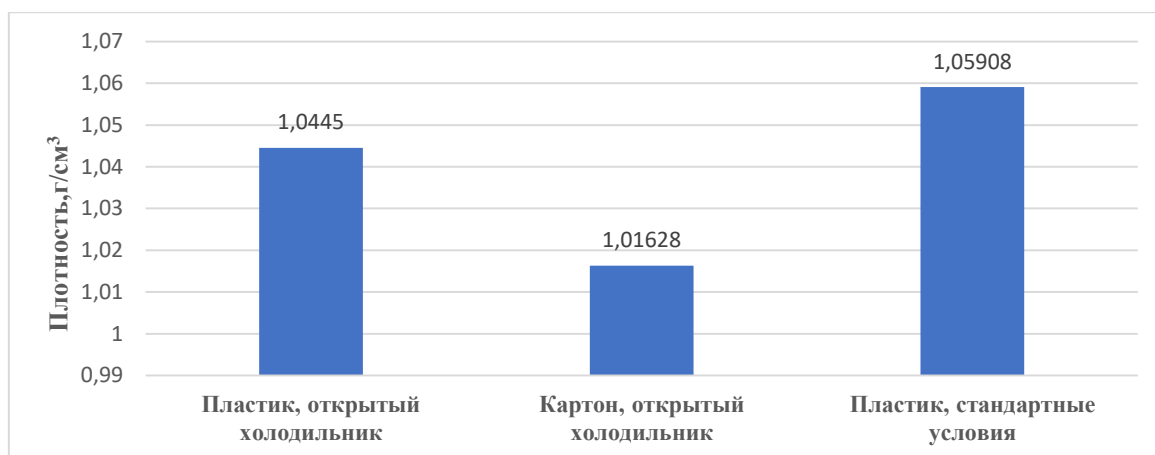


Рисунок 18 – Плотность яиц после 30-суточного хранения

Данные рисунка свидетельствуют, что в условиях открытых холодильников в супермаркетах плотность яиц в картонных упаковках была ниже на 2,78% по сравнению с пластиковыми упаковками и соответствовала сроку хранения по индексу свежести более 60 сут. Следует отметить, что в сравнении с хранением в стандартных условиях интенсивность старения перепелиных яиц была выше на 1,4% в пластиковых упаковках и на 4,21% – в картонных, т.е. при хранении перепелиных яиц даже в условиях открытых витрин с холодильным оборудованием, где температура поддерживается на уровне 8-10°C, но при низкой относительной влажности воздуха, старение яиц происходит интенсивнее, чем при той же температуре, но при более высокой влажности воздуха при хранении.

В результате исследования было выяснено, что при хранении в упаковках из картона в условиях лаборатории в перепелиных яйцах происходили более заметные биофизические изменения, чем у яиц в упаковках из полистирола. Так, при хранении в картонных упаковках уменьшается доля белка на 2,3% (за счет испарения и перехода воды в желток), но увеличивается доля желтка на 1,84%, что приводит к значительному и достоверному ( $P > 0,999$ ) снижению отношения белка к желтку. Так, у яиц при хранении в контейнерах из полистирола это соотношение составило  $1,835 \pm 0,02$ , а у яиц в картонных упаковках -  $1,669 \pm 0,01$ . О более заметном насыщении желтка водой, диффузно проникающей через желточную оболочку, свидетельствует снижение индекса желтка при хранении

яиц в картонных упаковках по сравнению с полистирольными ( $39,57 \pm 0,90\%$  и  $42,18 \pm 1,08\%$  соответственно).

В процессе исследования были определены изменения других биофизических качеств яиц при хранении их в лаборатории и в стандартных условиях в течение 21 сут. в разных упаковках (картонные и пластиковые).

В результате исследования установлено, что за 3 недели хранения средняя плотность яиц в упаковках из пластика (полистирола) в разных температурно-влажностных условиях почти не изменилась ( $1,05908$  и  $1,05225$  г/см<sup>3</sup>), в то время как в упаковках из картона она резко снизилась – с  $1,05431$  до  $1,02283$  г/см<sup>3</sup>. Разность в потере плотности в зависимости от материала упаковки высокодостоверна ( $P > 0,999$ ). Следует отметить, что при хранении в стандартных условиях колебания по плотности исследуемых яиц составляли от  $1,022031$  до  $1,071818$  г/см<sup>3</sup>, а при хранении в условиях лаборатории максимальная плотность достигала лишь  $1,040902$  г/см<sup>3</sup>, а 12,5% (5 яиц) имели плотность ниже единицы, т.е. всплывали. Исследования, проведенные на 120 яйцах при подобных условиях хранения показали, что при 50-суточном хранении в условиях лаборатории яйца из картонных упаковок всплывали все (100%). При хранении в пластиковой упаковке в условиях лаборатории яйца имели плотность  $1,02512$  г/см<sup>3</sup> и плавали в вертикальном положении в воде. При хранении в стандартных условиях яйца из картонных и пластиковых упаковок находились на дне емкости с дистиллированной водой, занимая вертикальное положение либо на  $45^\circ$  приподнимая тупой полюс.

Изменения, происходящие при старении яиц, по данным литературы сказываются на их внутреннем содержимом. В связи с этим были исследованы внутренние биофизические качества яиц в упаковках из полистирола и картона при хранении в стандартных условиях и в условиях лаборатории и проведен сравнительный их анализ.

Косвенно об интенсивности биохимических процессов, происходящих в белке и желтке перепелиных яиц, свидетельствуют коэффициенты рефракции



наружного жидкого и плотного белка, а также желтка, отражающие динамику сухих веществ в яйцах при хранении (таблица 30).

Таблица 30 – Динамика коэффициента рефракции белка и желтка яиц при хранении

Материал упаковки	Условия хранения	Коэффициент рефракции					
		жидкого белка		плотного белка		желтка	
		1 сут.	50 сут.	1 сут.	50 сут.	1 сут.	50 сут.
Картон (n=60яиц)	лаборатория	1,35276	1,36400	1,35712	1,36933	1,41859	1,40650
	стандартные		1,36276		1,36384		1,41174
Пластик (n=60яиц)	лаборатория		1,35982		1,36212		1,41004
	стандартные		1,35736		1,35954		1,41348

Анализ полученных данных показал, что наименьшие изменения при таком длительном сроке хранения произошли в жидком и плотном белке у яиц в пластиковой упаковке при стандартных режимах. У желтка в процессе хранения яиц количество сухих веществ понижается. Самыми значительными статистически достоверными оказались изменения белка у яиц в картонных упаковках при хранении в лаборатории. Так, коэффициент рефракции жидкого белка увеличился на 0,83, плотного - на 0,90%, что свидетельствует об удалении воды из белка и концентрации в нем сухого вещества. Данные исследования указывают, что в этот же период желток в картонных упаковках в условиях лаборатории приобретает воду несколько интенсивнее, чем в упаковках из пластика при хранении в разных условиях. Об этом свидетельствует массовая доля сухих веществ в исследуемых фракциях яйца (таблица 31).

Таблица 31 – Динамика содержания сухих веществ в белке и желтке яиц при хранении

Материал упаковки	Условия хранения	Содержание сухих веществ, %					
		жидкий белок		плотный белок		желток	
		1 сут.*	50 сут.	1 сут.*	50 сут.	1 сут.*	50 сут.
Картон (n=60яиц)	лаборатория	13,70	20,15	15,95	23,20	49,22	42,78
	стандартные		19,34		20,02		46,00
Пластик (n=60яиц)	лаборатория		17,54		18,86		45,12
	стандартные		16,56		17,30		46,82

\*- по данным рефрактометра

Данные таблицы свидетельствуют о том, что количество сухих веществ в жидком белке яиц при хранении в лаборатории увеличилось на 6,45% в картонных упаковках и 5,64% - в пластиковых в то время, как при хранении в стандартных условиях количество сухих веществ после 50 суток хранения из-за потери воды увеличилось только на 3,84% и 2,86% соответственно. В плотном белке увеличение сухих веществ в яйцах при хранении в лаборатории стала более интенсивной. Так, в картонных упаковках количество сухих веществ возросло до 7,25%, а в пластике – 4,07%, а при хранении в стандартных условиях, наоборот, снизилось до 2,91% и 1,35% соответственно. В ходе исследования замечено, что наиболее интенсивно желток насыщается водой в упаковках из картона, а в упаковках из пластика изменения в желтке очень незначительны и мало различаются при хранении в зависимости от условий.

Об интенсивности изменений в яйцах при хранении свидетельствует показатель кислотности белка и желтка – рН.

Влияние материала и конструкции упаковок было проанализировано при хранении перепелиных яиц в стандартных условиях. Результаты исследования представлены на рисунках 19 и 20.

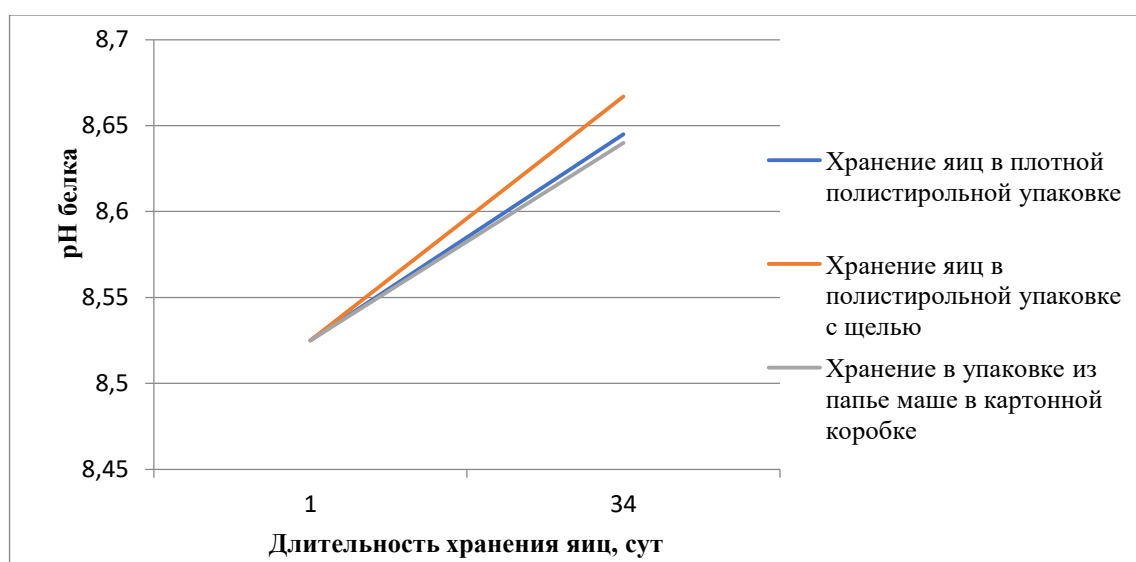


Рисунок 19 — Динамика рН белка перепелиных яиц при хранении в разных упаковках

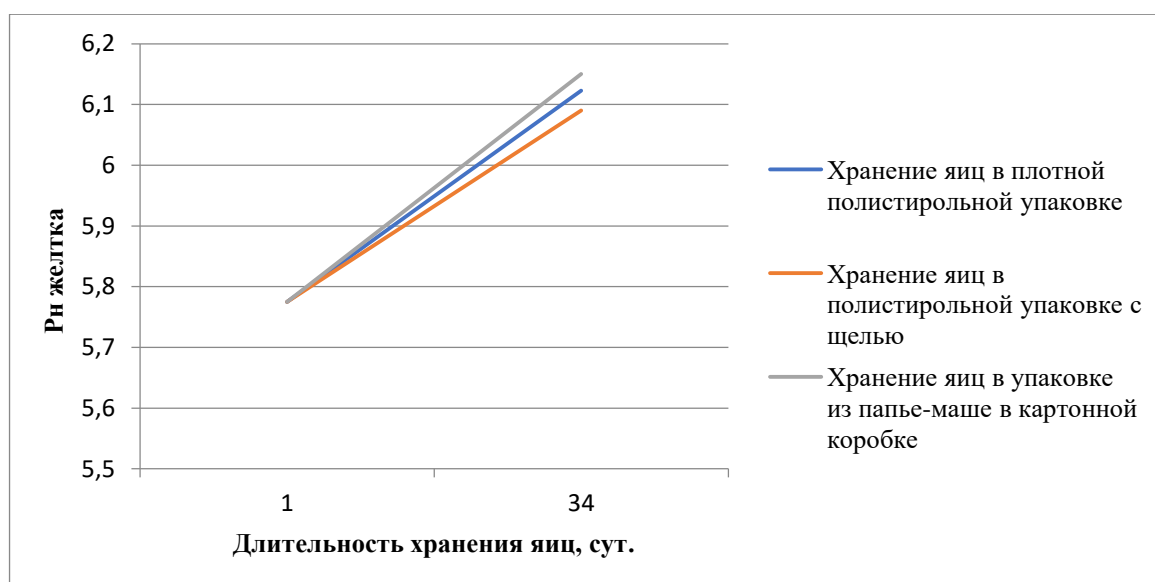


Рисунок 20 – Динамика рН желтка перепелиных яиц при хранении в разных упаковках

Влияние упаковочного материала на интенсивность изменения рН белка и желтка повторно изучено на 80 перепелиных яйцах. Яйца хранились в магазине в открытом холодильнике (температура  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  и относительная влажность  $60 \pm 5\%$ ) (таблица 32).

Таблица 32 – Сравнительная характеристика рН белка и желтка перепелиных яиц при использовании упаковок из картона и полистирола (n=80 яиц)

Длительность хранения (по этикетке), сут.	Пластиковая упаковка		Картонная упаковка	
	рН белка	рН желтка	рН белка	рН желтка
15	8,51±0,03	5,86±0,05	8,52±0,01	5,91±0,03
30	8,54±0,02	5,96±0,03	8,51±0,03	5,90±0,01

Данные таблицы указывают на то, что при хранении яиц в упаковках из разного материала биохимические процессы имеют тенденцию разной направленности. В пластиковых упаковках рН белка и желтка заметно увеличивается, а в картонных – практически не изменяется

Исследованиями установлено, что при нарушении технологии реализации яиц в герметичных упаковках из полистирола в теплый период года происходит «отпотевание» яиц внутри упаковки, а повышенная влажность вызывает интенсивный рост на скорлупе яиц колоний плесневых грибов. В упаковках из картона этот процесс происходит более замедленно, т.к. влагу при «отпотевании»

яиц после переноса их из холодильной камеры в торговый зал впитывает картон и скорлупа яиц оказывается более сухой, чем в пластиковых герметичных упаковках. В процессе исследования была определена доля яиц с колониями плесени в магазинах, где яйца находятся в условиях торгового зала без холодильников. Было исследовано 580 яиц в июле 2016 г. Длительность хранения яиц колебалась от 28 до 57 суток. Результаты исследования представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Распределение яиц по чистоте скорлупы от плесени

Вид упаковки	Просмотрено яиц, всего		Количество яиц			
			без видимых колоний плесени		с видимыми колониями плесени	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Картонные с ячейками из папье-маше	200	100	184	92,0	16	8,0
Из полистирола, герметичные	180	100	139	77,2	41	22,8
Из полистирола, не герметичные	200	100	190	95,0	10	5,0

Данные таблицы свидетельствуют о том, что удельный вес яиц с колониями плесневых грибов на скорлупе перепелиных яиц был обнаружен в герметичных упаковках из полистирола 22,8% случаев, т.е. в 2,85 и 4,56 раз больше, чем в картонных и негерметичных пластиковых упаковках соответственно.

### **3.3 Сравнительная оценка методов, используемых при определении свежести перепелиных яиц**

Со временем содержимое яиц, как показано в работе, значительно изменяется, что в конечном счете делает их непригодными для употребления в пищу. Но и при сравнительно непродолжительном хранении свойства яиц заметно изменяются в худшую сторону. Поэтому свежесть яиц - это один из основных факторов, определяющих качество и безопасность использования их в питании человека.

Наиболее часто о свежести яиц потребитель получает информацию с упаковки или этикетки реализуемых яиц. Однако эта информация, имея достоинством быстроту определения сроков хранения, не учитывает условия, при которых хранились яйца, а значит, не информирует о «биологическом возрасте» приобретаемых яиц, что может привести, как показали исследования, к получению некачественной продукции.

Одним из методов оценки свежести яиц, широко используемых населением, является метод «флотации», учитывающий степень всплытия яиц в воде. Однако этот метод ориентирует только на возможность использования яиц в пищу: можно, если яйцо не всплыло или нельзя – при всплытии яйца.

Положение яиц в воде (лежание на дне горизонтально, приподнятые, лежащие вертикально) лишь отдаленно может служить признаком их свежести. Яйца диетические и столовые (до определенного момента) могут иметь одинаковое положение в воде.

В ГОСТах для куриных и перепелиных яиц определяющим показателем для оценки их свежести является *высота воздушной камеры*. У только что снесенного яйца воздушной камеры нет. Она появляется при остывании яйца и уменьшении объема белка и особенно желтка, у которого объемное расширение (сужение) примерно в 2,4 раза выше, чем у белка. Чем ниже температура остывшего яйца, тем большие размеры имеет камера (высоту и диаметр). Дальнейшее увеличение камеры связано только с потерей массы яйца (с усушкой), то есть к объему камеры остывшего яйца добавляется объем потерянной при усушке воды (массой выделенной  $\text{CO}_2$ , примерно 50 мг, можно пренебречь). Чем больше по размерам камера, тем «старше» считается яйцо. Преимуществом использования высоты воздушной камеры является то, что этот показатель представлен в ГОСТе.

Однако способ определения свежести яиц по высоте воздушной камеры имеет ряд недостатков субъективного и объективного характера.

Как уже упомянуто, у яиц с интенсивно пигментированной, сильно мраморной, либо пятнистой (перепелиные) скорлупой, границы воздушной

камеры, тем более её высота иногда вообще не видны. Проведенные опыты показали, что воздушная камера у перепелиных яиц была доступна для измерения в 54-94% случаев, в зависимости от длительности хранения. Установлено, что по мере ее увеличения доступность для измерения повышается. У диетических и столовых перепелиных яиц рекомендуемый норматив воздушной камеры весьма незначительный (2 и 3 мм соответственно), а различия по форме выше, чем у куриных яиц, что серьезно затрудняет определение высоты воздушной камеры с помощью трафарета. Практикой установлено, что значительно проще определяется диаметр воздушной камеры, чем её высоту. Однако, при одинаковых условиях хранения параметры воздушной камеры (высоты и диаметра), как показали исследования, зависят от крупности яиц. Размеры камеры зависят от сферичности тупого полюса яйца: чем круче сфера (удлиненная форма), тем больше высота и меньше ее диаметр. Из-за частого прогиба камеры внутрь яйца, ее границы не соответствуют реальной величине. Зависимость высоты воздушной камеры от формы и массы яиц показана в таблице 34.

Таблица 34 – Влияние массы и формы куриных яиц на высоту воздушной камеры, мм

Индекс формы, %	Масса яиц, г			В среднем
	55-57	58-60	61-63	
70-73	3,91	2,00	3,90	3,83
74-77	2,92	3,25	4,30	3,60
78-81	1,93	3,00	2,53	2,70
В среднем	2,92	2,95	3,53	-

При повышении индекса формы (округлении яйца) на 8% высота камеры снизилась на 1,13 мм, а с увеличением массы яйца на 6 г увеличилась на 0,61 мм.

Для перепелиных яиц обнаружена похожая зависимость высоты и диаметра воздушной камеры от размеров яйца (большого и малого диаметров).

Исследованиями установлено, что во время хранения яиц высота и диаметр воздушной камеры растут по затухающей по мере удаления её границ от тупого полюса яйца. Кроме того, параметры воздушной камеры только косвенно свидетельствуют о старении яйца, не определяя его биологический «возраст».

В связи с высокой изменчивостью параметров воздушной камеры, особенно в первые две недели хранения, для оценки свежести яиц по этим параметрам в средней пробе должно быть не менее 60 штук для куриных яиц и не менее 120 шт. перепелиных яиц.

Недостатком, как уже упомянуто, является также невозможность групповой оценки свежести яиц по воздушной камере (каждое яйцо в отдельности), а также высокая зависимость оценки от остроты зрения и квалификации оператора.

Таким образом, использовать ГОСТ 31655-2012 «Яйца пищевые (индюшковые, цесариные, перепелиные, страусиные)» для определения свежести перепелиных яиц по величине воздушной камеры весьма затруднительно.

Кроме того, из-за большой сложности определения воздушной камеры и маленьких размеров яйца, очень трудно определить её «некоторую подвижность» (ГОСТ 31655-2012).

*Подвижность желтка.* В свежем яйце желток малоподвижен. Подвижность увеличивается по мере старения яйца, когда разжижается и уменьшается по величине плотный белок, а желток теряет плотность за счет перехода в него воды из белка. При разжиженном белке амплитуда колебаний желтка внутри яйца существенно возрастает. На этом основана визуальная оценка «возраста» яйца при просвечивании: чем подвижнее желток, тем «старше» яйцо. Однако использование этого метода затруднено в связи с особенностями формы перепелиных яиц, которая часто отклоняется от эллипса к конусу. При средней длине перепелиного яйца 35 мм и ширине (диаметр в самой широкой части яйца) 26 мм диаметр желтка свежего яйца составляет в среднем 25,5 мм, то есть более 98% от его ширины, что ограничивает подвижность желтка не только по большой оси, но и по малой, а при хранении яйца, с увеличением желтка, подвижность желтка в перепелином яйце снижается еще сильнее даже при разжиженном белке.

Поэтому очень сложно судить о степени его подвижности даже используя овоскоп с мощным источником света.

Таким образом, оценивать свежесть яиц по высоте и подвижности воздушной камеры, по подвижности желтка надо с учетом всех указанных особенностей и недостатков метода.

По сравнению с воздушной камерой идеальным методом определения свежести яиц *по усушке* является их взвешивание «до» и «после» определенного срока хранения ( $M_2-M_1$ ). Достоинство метода – точность, возможность групповой оценки, простота и скорость. При этом рассчитывается абсолютная усушка в граммах, относительная - в процентах к начальной массе ( $M_1$ ) и среднесуточная усушка.

Например, начальная масса яйца ( $M_1$ ) 12,81 г, а через 30 сут. хранения стала 11,95 г ( $M_2$ ); яйцо усохло на 0,86 г ( $M_1-M_2$ ), или на 6,71% по отношению к первоначальной массе; среднесуточная усушка массы 0,223%. Наилучшим показателем скорости старения яиц является именно среднесуточная усушка. В зависимости от качества яиц и условий хранения она колеблется в широких пределах: от значения, близкого к нулю, до 0,3 % и более. Чем выше этот показатель, тем раньше «состариться» яйцо. В обычных (стандартных) условиях хранения суточная усушка колеблется от 0,1 до 0,2%.

Однако, весовой метод определения биологического «возраста» яиц страдает очень существенным недостатком – как правило, отсутствием данных о начальной массе яйца ( $M_1$ ). Исключения составляют специальные исследования или контроль режима влажности в инкубаторе. Определять свежесть просто по массе взятой пробы яиц невозможно.

Свежесть яиц можно определить с помощью *солевых растворов*. В простом варианте с использованием ареометра готовят раствор поваренной соли с плотностью 1,064 г/см<sup>3</sup>. В этот раствор помещают пробу оцениваемых на свежесть яиц. Если яйца потонули, значит, они по свежести удовлетворяют требованиям «столовые», если всплыли, то они уже непригодны непосредственно в пищу. Для точности оценки лучше предварительно отобрать из пробы яйца с одинаковой упругой деформацией, например, 20 мкм. Можно приготовить дискретный ряд солевых растворов и разделить яйца на группы по плотности



(свежести). Чем длиннее этот ряд и уже интервал, тем точнее результат. Однако на приготовление и использование дискретных солевых растворов затрачивается много времени, а сохранение без изменения их концентрации практически невозможно.

Яйца, подозреваемые в очень долгом хранении и большой усушке, можно поместить в пресную воду. Всплытие этих яиц (или части из них) подтвердят подозрения.

Судить о свежести яиц удобно *по плотности*. Преимущество этого метода в том, что объем яйца во время хранения практически не изменяется, то есть  $V_1 = V_2$ . Деля массу оцениваемого яйца на объем, получаем его плотность, г/см<sup>3</sup>. Чем ниже плотность, тем больше воздушная камера, выше усушка и «старше» яйцо.

Использование этого метода осложняется необходимостью определения объема яиц, для чего, как правило, требуется взвесить яйцо в дистиллированной воде, то есть знать его так называемую гидромассу (ГМ). Тогда объем яйца (V) будет равен разности массы и ГМ:  $V = M - \text{ГМ}$ .

Плотность свежего куриного яйца по нашим данным, в среднем равна 1,085, а перепелиного – 1,076 г/см<sup>3</sup>. По мере старения она снижается и при значении менее единицы яйцо всплывает в пресной воде, то есть становится полностью непригодным в качестве пищевого, тем более инкубационного.

Вместо термина «плотность» нами предложен термин «гидроплотность» (ГП), то есть плотность в воде, которая равна массе яйца в воде (ГМ), выраженная в мг деленная на его объем (V):

$$\text{ГП} = \text{ГМ}(\text{мг}) / V(\text{см}^3)$$

Например, масса яйца в воде равна 4300 мг (4,3 г), а объем 55,1 см<sup>3</sup>, тогда гидроплотность яйца равна 78 мг/см<sup>3</sup> (4300/55,1).

ГП численно равна плотности (П) за минусом единицы (выталкивающая сила воды), помноженной на 1000 (перевод г в мг):

$$\text{ГП} (\text{мг}/\text{см}^3) = (\text{П} - 1) \times 1000$$

Таким образом, вместо плотности 1,078, 1,0852, 1,0895 г/см<sup>3</sup> и т.д. следует писать, упрощая запись, 78; 85,2; 89,5 мг/см<sup>3</sup> гидроплотности.

Диапазон гидроплотности для куриных яиц – от 100 мг/см<sup>3</sup> (свежие) до нуля (старые, всплывают).

Преимущество оценки свежести по плотности (гидроплотности) в том, что при этом есть четкий нижний критерий пригодности яиц к использованию – яйцо всплывает, если плотность его окажется чуть ниже 1 г/см<sup>3</sup> или гидроплотность меньше нуля. При оценке свежести по потере массы такого критерия нет. Зная ГП и среднесуточную усушку яиц, можно вычислить сроки их всплытия в дистиллированной воде, то есть прогнозировать время хранения при определенных условиях.

Колебания ГП при одинаковом «возрасте» яиц и равных условий их хранения в некоторой степени связаны с плотностью белка и желтка (этим можно пренебречь), но главным образом с толщиной скорлупы.

Поэтому гидроплотность не всегда точно отражает свежесть яиц: при толстой (тяжелой) скорлупе гидромасса и гидроплотность будут выше, и при равных прочих условиях эти яйца будут казаться «моложе» яиц с тонкой скорлупой.

Чтобы избежать этой неточности, надо знать ГП свежего яйца (ГП<sub>1</sub>), которую в достаточно высокой степени можно определить по неизменяемой при хранении упругой деформации (УД), связанной с толщиной скорлупы. На основании результатов серии проведенных опытов нами разработана таблица, по которой можно определить гидроплотность свежих перепелиных яиц (ГП<sub>1</sub>) по величине упругой деформации (таблица 35).

Таблица 35 – Упругая деформация скорлупы и гидроплотность свежеснесенных перепелиных яиц

УД, мкм	ГП, мг/см <sup>3</sup>	УД, мкм	ГП, мг/см <sup>3</sup>	УД, мкм	ГП, мг/см <sup>3</sup>	УД, мкм	ГП, мг/см <sup>3</sup>
16	76	21	72	26	67,5	31	64
17	75	22	71	27	67	32	63
18	74,5	23	70	28	66,5	33	62,5
19	73	24	69	29	66	34	61
20	72,5	25	68	30	65	35	60

Примечание: УД определена при давлении груза 200 г

Таблица рассчитана на основании коэффициента регрессии ГП на 1 мкм упругой деформации равной 0,6мг/см<sup>3</sup> при коэффициенте корреляции между этими показателями в среднем – -0,712.

Выраженное в процентах отношение ГП<sub>2</sub> (гидроплотность после хранения) к ГП<sub>1</sub> нами названо *индексом свежести* яйца (ИС). Так, если ГП<sub>2</sub> равна 66 мг/ см<sup>3</sup>, а ГП<sub>1</sub> 75 мг/ см<sup>3</sup>, то ИС=88%. При ГП<sub>2</sub>=76, ИС=100% (яйцо свежеснесенное), а при ГП<sub>2</sub> равной 0 ИС=0 (яйцо всплывает).

В таблице 36 показана динамика ГП перепелиных яиц при хранении в стандартных условиях.

Таблица 36 – Влияние сроков хранения перепелиных яиц на их гидроплотность (усредненные данные, n=136)

Сроки хранения, сут.	1	10	20	30	40	50	60
Гидроплотность, мг/см <sup>3</sup>	76	66	57	46	38	29	20
Индекс свежести, %	100	86,8	75,0	60,5	50,0	38,2	26,3

Из данных таблицы видно, что при 30 – суточном хранении (ГОСТ) ГП в норме должна быть не менее 46 мг/ см<sup>3</sup>, а индекс свежести – не менее 60,5% (46/76 в %), при 60-суточном хранении (ТУ) ГП – не менее 20 мг/см<sup>3</sup>, а индекс свежести 26,3%.

При хранении перепелиных яиц в лабораторных или магазинных условиях (без холодильника) гидроплотность их гораздо быстрее снижается:

Длительность хранения, сут.	1	10	20	30	60
Гидроплотность (усредненные данные), мг/см <sup>3</sup>	75,8	55,8	31,6	0,11	0,01

Индекс свежести 99,7 73,4 41,6 0,14 0,01

Уже после 20-суточного хранения в условиях магазина яйца не соответствовали стандартной свежести: вместо ГП 57 мг/см<sup>3</sup> (ИС 75%) яйца имели ГП 31,6 мг/см<sup>3</sup> (ИС 41,6 %)

В повторных опытах динамика ГП в зависимости от условий хранения была примерно такая же (таблица 37).

Таблица 37 – Сравнительная динамика гидроплотности при хранении перепелиных яиц в разных условиях

Показатели	Сроки хранения яиц, сут.				
	1	10	20	30	60
Хранение яиц в условиях лаборатории (n=60)					
Гидроплотность, мг/см <sup>3</sup>	76,0	61,8	35,6	1,11	0,009
Хранение в стандартных условиях (n=60)					
Гидроплотность, мг/см <sup>3</sup>	75	68,5	51,1	32,1	18,2

Разница в данных ГП при хранении яиц в стандартных условиях небольшая и связана с трудностью поддерживать стандартные условия на неизменном уровне.

Гидроплотность, как и плотность (аэроплотность) является, по нашему мнению, удобным показателем свежести яиц, особенно при групповой оценке.

*Индекс белка, желтка, единицы Хау, показатель IQU.* В международной практике свежесть яиц определяют после их вскрытия по высоте стояния наружного плотного белка на горизонтальной поверхности. Высоту измеряют на расстоянии 1 см от желтка с помощью приборов. Однако методика измерения этого показателя для перепелиных яиц имеет свои особенности, связанные с размерами яиц, которые необходимо учитывать. Так, расстояние при измерении высоты белка сокращено до 0,5 см. Кроме того при хранении яиц при высокой влажности и низких температурах у яиц с небольшой массой (10,9 г и менее) происходит «наплывание» белка на желток, что приводит к заметному повышению их высоты. Кроме того, оценка индексов белка, желтка и единиц Хау не только трудоемка, но и требует вскрытия яиц, что приводит к повышению материальных затрат

Индекс белка, единицы Хау и показатель IQU связаны высоким коэффициентом корреляции ( $r = 0,90...0,95$  и  $r = 0,76...0,87$  соответственно), поэтому можно использовать только один из этих показателей, чаще ед. Хау (легче взвесить яйцо, чем измерить средний диаметр растекания белка).

Чем выше индексы белка и желтка или ед. Хау, показатель IQU, тем свежее яйцо.

Недостаток оценки свежести яиц по индексам (ед. Хау, IQU) связан с необходимостью их вскрытия и трудоемкостью. В связи с высокой изменчивостью этих показателей у «одновозрастных» яиц ( $C_v=10-15\%$ ) для получения достоверных результатов оценки в пробе должно быть не менее 60 шт. яиц.

## 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Длительное хранение яиц в условиях хозяйства (предынкубационное) и в торговой сети вызывает изменение в структуре яиц, нарушая их питательную и биологическую ценность. Экономически обосновать негативное влияние «старых» яиц при их использовании в питании человека достаточно сложно, а тем более оценить в этом случае, ущерб здоровью человека в денежном эквиваленте. Возможно лишь оценить материальный ущерб, наносимый хозяйству от потери массы и в связи с этим непригодности для инкубации перепелиных яиц при длительном или неудовлетворительном их хранении.

Основным поставщиком пищевых перепелиных яиц в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области является ООО «Перепелочка».

Для производственной проверки был проведен опыт, целью которого явилось определение влияния разных условий предынкубационного хранения в течение 8 суток на динамику массы инкубационных яиц. В связи с этим яйца одной закладки (120 тыс. штук) были разделены на две группы, по 60 тыс. инкубационных яиц в каждой. Группа 1 – предынкубационное хранение происходило при температуре 15-18°C и относительной влажности 65%, группа 2 – температура хранения 10-12°C, относительная влажность 80%.

Из каждой группы было выделено 1000 яиц, масса которых определялась в первые и на восьмые сутки.

В процессе хранения средняя потеря массы в 1-ой группе составила 2,8%, во 2-ой – 1,7%.

Количество яиц, не соответствовавших после хранения требованиям к инкубационным яйцам по массе (менее 10 г) составило: 1 группа – 108 штук или 10,8% ( $A_1$ ), 2 группа – 100 яиц или 10,0% ( $A_2$ ).

В пересчете на всю закладку (120 тыс.), при использовании разных режимом хранения, потери составят:

$$1 \text{ группа: } (A_1 \times 120000) : 100 = 12960 \text{ яиц;}$$

2 группа:  $(A_2 \times 120000):100 = 12000$  яиц.

Убытки от браковки яиц с массой менее 10 г., при средней себестоимости инкубационных яиц (1,92 руб/шт), составят:

1 группа:  $12960 \times 1,92 = 24883,2$  руб;

2 группа:  $12000 \times 1,92 = 23040$  руб.

При условии, что в среднем в хозяйстве производится 12 закладок в год, хозяйство будет терять:

1 группа:  $24883,2 \times 12 = 298598,4$  руб;

2 группа:  $23040 \times 12 = 276480$  руб.

Таким образом, для повышения эффективности работы цеха инкубации при выборе условий предынкубационного хранения яиц необходимо учитывать минимальную массу яиц, которая при использовании 8-суточного хранения при температуре 15-18°C и относительной влажности 65% не должна быть ниже 10,28 г, а при температуре 10-12°C и относительной влажности воздуха 80% - не ниже 10,17 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рост производства перепелиных яиц и зачастую несвоевременный их сбыт диктуют необходимость дальнейших исследований по оптимизации их хранения. Перепелиные яйца существенно отличаются от куриных по многим параметрам, что следует учитывать при совершенствовании на них технических условий и ГОСТа.

Особой проблемой является совершенствование методов оценки их свежести.

На большом материале проведена научная работа по динамике основных показателей качества перепелиных и куриных яиц в процессе различных сроков их хранения в разных температурно-влажностных условиях и сделаны соответствующие **выводы:**

1. Оценка свежести перепелиных яиц по размерам воздушной камеры малопригодна для применения. Ее осложняет темная пестрая скорлупа с плотной подскорлупной оболочкой, в результате чего границы камеры свежих яиц видны в 54-56,7% случаев. Кроме того, параметры камеры (высота и диаметр) зависят как у куриных, так и у перепелиных яиц от величины яйца ( $r = 0,154-0,303$ ) и его формы: при одинаковом объеме воздушной камеры и ее высота достоверно меньше у округлых яиц ( $r = -0,399$ ) и больше у удлиненных ( $r = 0,161$ ). В процессе хранения рост параметров камеры идет по резкой затухающей.

2. Перепелиные яйца, по сравнению с куриными, при хранении в одинаковых условиях теряют массу в 1,21 – 1,38 раза быстрее. В разных опытах перепелиные яйца усыхали на 10,2; 6,71 и 13,58%, а куриные – на 7,37; 5,49 и 11,26% соответственно. Мелкие куриные и перепелиные яйца теряют массу интенсивнее, чем крупные; среднесуточная потеря массы при одинаковых условиях хранения мелких и крупных куриных яиц 0,199 и 0,171%, перепелиных – 0,235 и 0,214%.

3. При высокой пористости перепелиные ( $170-189$  пор/см<sup>2</sup>) и куриные (более 190 пор/см<sup>2</sup>) яйца теряют массу в 1,83 и 1,6 раза больше, чем при низкой (90 – 109



пор/см<sup>2</sup>). Максимальная среднесуточная потеря массы у перепелиных яиц (0,247 %) происходит при 170-189 пор/см<sup>2</sup>.

4. На усушку влияет упругая деформация (УД) и толщина скорлупы. При повышении УД с 18-20 до 24-26 мкм или снижении толщины скорлупы с 220 до 170 мкм она возрастает в 1,2 раза.

5. На старение яиц существенно влияет температура и влажность воздуха. При повышении температуры на 1°С яйцо дополнительно теряет 0,018% массы, а со снижением относительной влажности на 1% потеря массы увеличивается только на 0,0073%, т.е. в 2,5 раза меньше.

6. Свежесть яиц можно определять по их плотности, которая изменяется параллельно потери массы. При хранении в стандартных условиях плотность 30-суточных перепелиных яиц снижается в среднем с 1,076 (свежие) до 1,46 г/см<sup>3</sup>, а 60 – суточных – до 1,021, а в условиях лаборатории или магазина (вне холодильника) – до 0,998 и 0,925 г/см<sup>3</sup> соответственно (всплывают в дистиллированной воде).

7. Свежесть яиц удобно выражать отношением массы в дистиллированной воде (гидромассы) к объему, в мг/см<sup>3</sup>; в этом случае упрощается запись: плотность, например, 1,072 г/см<sup>3</sup>, равна 72 мг/см<sup>3</sup> гидроплотности (ГП). ГП свежих яиц можно определить по разработанной таблице или по формуле. Отношение ГП яиц контрольной пробы (ГП<sub>2</sub>) к ГП свежих (ГП<sub>1</sub>) выражает индекс свежести (ИС), который находится в пределах от 100% (свежие) до 0% (всплывают).

8. При 30-суточном хранении перепелиных яиц в стандартных условиях индекс свежести равен 60,5%, а при хранении 60 сут. снижается до 26,3%.

9. Индекс белка и желтка перепелиных и куриных яиц, отражающий их степень свежести, закономерно снижается по мере усыхания или снижения плотности яиц. Перепелиные яйца, по сравнению с куриными, лучше сохраняют индекс белка: за 60 сут. хранения этот показатель у куриных яиц снизился в 2,8, а у перепелиных

только в 2,35 раза; индекс желтка, наоборот, оказался менее устойчив к хранению у перепелиных яиц.

10. Усушка за 50 сут. в упаковках из полистирола была достоверно ( $P \geq 0,999$ ) ниже (в среднем, на 5,3% в стандартных условиях хранения и на 6,8% в лабораторных), чем в картонных упаковках. По другим показателям качества перепелиных яиц (плотности, индексам белка и желтка, рН и др.) упаковка из полистирола также имеет преимущество перед картонной.

11. При длительном или неудовлетворительном хранении часть яиц (10% и более) снижают массу ниже допустимой для инкубации (10 г), при этом хозяйство (ООО «Перепелочка») теряет в год около 300 тыс. рублей.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Учитывая более быструю, по сравнению с куриными, усушку перепелиных яиц, откорректировать ГОСТ на столовые перепелиные яйца в сторону снижения сроков их хранения, как минимум, до 25 сут. (как и для куриных яиц, ГОСТ 52121-2003 «Яйца пищевые куриные»).
2. Производить контроль перепелиных яиц по индексу свежести, который для столовых яиц не должен превышать 60% .
3. При хранении перепелиных яиц использовать преимущественно упаковку из полистирола.
4. Использовать результаты исследования в учебном процессе по направлению подготовки 36.03.02 и 36.04.02 «Зоотехния».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, Л.А. Всё о главном в маркировке / Л.А. Абрамова, М.Г. Горизонова // Птицефабрика. – 2006. – №3. – С. 15-17.
2. Агафонычев, В.П. К вопросу оценки потребительских свойств куриных яиц разных категорий / В.П. Агафонычев, Т.И. Петрова, С.С. Кругалев // Птица и птицепродукты. – 2012. - №2. – С. 12-17.
3. Азарнова, Т.О. Способ профилактики негативных последствий длительного хранения инкубационных яиц / Т.О. Азарнова [и др.] // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: материалы XVIII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2015. – С. 281-282.
4. Акимова, Н.С. Влияние сроков хранения яиц кур кросса «Хайсекс белый» на их инкубационные качества // Н.С. Акимова, Т.К. Крындушкина // Сб. науч. трудов ВНИТИП. – Сергиев Посад, 2002. – т. 78. – С. 108-112.
5. Алексеева, Н.А. Развитие региональных рынков производства яиц и яйцепродуктов в России / Н.А. Алексеева, Ю.А. Коновалова // Экономика региона. – 2011. - №4. – С. 78-86.
6. Алексеев, Ф.Ф. Морфологические, биохимические и инкубационные показатели яиц перепелов яичной породы в зависимости от их возраста / Ф.Ф. Алексеева, Л.С. Белякова // Достижения в современном птицеводстве: исследования и инновации: материалы XVI конференции. – Сергиев Посад. – 2009. – С. 171-173.
7. Алтухов, А.И. Современные проблемы обеспечения продовольственной безопасности России и пути их решения / А.И. Алтухов // Аграрная Россия. – 2008. – №2. – С. 2-13.
8. Арестова, Н.Е. Продуктивность перепелов в зависимости от возраста выбраковки: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Арестова Наталья Евгеньевна. – М., 2007. – 16 с.
9. Астраханцев, А. Влияние сроков хранения пищевых яиц на их функциональные качества / А. Астраханцев // Известия горского государственного аграрного университета. – 2014. – С. 84-87.
10. Афанасьев, Г.Д. Изменение воспроизводительных качеств перепелов с возрастом / Г.Д. Афанасьев [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2015. – №2. – С. 36 -39.
11. Афанасьев, Г.Д. Перепеловодство / Г.Д. Афанасьев, М.Д. Пигарева. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 103 с.
12. Афанасьев, Г.Д. Перепеловодство: Маленькое тело – большое яйцо / Г.Д. Афанасьев // Птица и птицепродукты. – 2006. – №2. – С. 31.

- 13.Афанасьев, Г.Д. Породы и разновидности перепелов / Г.Д. Афанасьев // Птицеводство. – 1991. – №3. – С.12-15.
- 14.Афанасьев, Г.Д. Условия производства перепелиных яиц в замкнутых экологических системах и методы ресурсосбережения при промышленном производстве продуктов перепеловодства: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.04 / Афанасьев Григорий Дмитриевич. – М., 2002. – 38 с.
- 15.Белякова, Л.С. Перепеловодство – выращивание и содержание / Л.С. Белякова, З.И. Кочетова. – Сергиев Посад, 2010. – 82 с.
- 16.Белякова, Л.С. Продуктивность перепелов при разной плотности посадки / Л.С. Белякова, З. Кочетова // Птицеводство. – 2006. – №2. – С.21-22.
- 17.Белякова, Л.С. Продуктивность перепелов яичной породы при использовании разных источников каротиноидов / Л.С. Белякова, Т. Окунева // Птицеводческое хозяйство. Птицефабрика. – 2011. - №6. – С.30.
- 18.Белякова, Л.С. Разведение перепелов в домашних условиях / Л. С. Белякова, З. И. Кочетова; под ред. В. Ф. Кузнецова. – Сергиев Посад, 2006. – 23 с.
- 19.Белякова, Л.С. Разные источники каротиноидов в кормлении перепелов яичного направления / Л.С. Белякова, Т.С. Окунева // Инновационные разработки и их освоение в промышленном птицеводстве: материалы XVII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2012. – С. 147-149.
- 20.Белякова, Л. Технология выращивания и содержания перепелов / Белякова Л., Кочетова З. // Птицеводство. – 2006. – №2. – С.16-20.
- 21.Бернхардт, Ф. Перепела: Полное руководство по уходу, содержанию и разведению / Ф. Бернхардт, А. Кюне. – М.: Аквариум Принт, 2014. – 120 с.
- 22.Бессарабов, Б.Ф. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы: справочник / Б.Ф. Бессарабов, И.И. Мельникова. – М.: МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 2001.- 87 с.
- 23.Бессарабов, Б.Ф. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы: уч. пособие / Б.Ф. Бессарабов, А.А. Крыканов, А.Л. Киселев. – СПб.: Лань, 2015. – 160 с.
- 24.Бидеев, Б.А. Продуктивность и биологические особенности перепелов разных пород: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Бидеев Бексолтан Александрович. – Владикавказ, 2016. – 23 с.
- 25.Биологический контроль при инкубации яиц сельскохозяйственной птицы: методические наставления. – Сергиев Посад, 2014. – 171 с.
- 26.Боголюбский, С.И. Селекция сельскохозяйственной птицы. – М.: Агропромиздат, 1991. – 285 с.
- 27.Бондаренко, С.П. Содержание перепелов / С.П. Бондаренко. – М.: АСТ; Владимир: ВКТ, 2010. – 95 с.

28. Быстров, А. Биофизические показатели перепелиных яиц / А. Быстров // Всероссийская конференция молодых ученых и аспирантов по птицеводству: сб. статей. – Сергиев Посад, 1999. – С. 10-11.
29. Быстров, А.Ю. Совершенствование технологического процесса на перепелиной ферме в условиях Ленинградской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Быстров Алексей Юрьевич. – СПб., 2001. – 101 с.
30. Варигина, Е. Особенности кормления перепелов / Е. Варигина, Т. Ленкова // Птицеводство. – 2007. – №9. – С. 35-36.
31. Вейцман, Л. Морфологические и биохимические особенности яиц сельскохозяйственной птицы / Л. Вейцман [и др.] // Птицеводство. – 1970. – №8. – С.16-17.
32. Величко, О.А. Методы повышения продуктивности птицы, качества яиц и яичных продуктов при использовании высокопродуктивных кроссов кур: автореф. дис... докт. с.-х. наук: 06.02.10 / Величко Оксана Александровна. – Сергиев Посад, 2010. – 38 с.
33. Величко, О. Оптимальный режим хранения яйца / О. Величко, В. Лукашенко // Животноводство России. – 2016. – №6. – С. 15.
34. Величко, О.А. Рациональные режимы хранения пищевых яиц, предназначенных для глубокой переработки. / О.А. Величко, В.С. Лукашенко // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: материалы XVIII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2015. – С. 302-304.
35. Венскевич, А.Л. Биологическое обоснование технологии прединкубационного хранения яиц разных видов сельскохозяйственной птицы: автореф.дис... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Венскевич Анастасия Леонидовна. – СПб, 2001. – 22 с.
36. Венскевич, А.Л. Пигментация перепелиных яиц как показатель их инкубационных качеств / А.Л. Венскевич // Роль научного обеспечения в реформировании АПК: тез. докл. науч. конф. молодых ученых // СПбГАУ. – 2000. – С. 24-26
37. Виробництво перепелиних яєць та м'яса: методическіе указання. – Українська академія аграрних наук інститут птахівництва / БіСрки, 2005. – 45 с.
38. Владимірова, Ю.Н. Потеря в весе яиц кур перед инкубацией: автореф.дис... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Владимірова Юлія Николаевна. – Загорск, 1954. – 21 с.
39. Выращивание и содержание перепелов яично-мясного направления. Методические наставления // Л.С. Белякова, Е.А. Овсейчик, Т.Н. Окунева Сергиев – Посад ВНИТИП, 2014. – 47с.

40. Генералова, С.В. Перспективы развития рынка перепелиного яйца и мяса в России / С.В. Генералова, А.И. Рябова // *Маркетинг в России и за рубежом.* – 2013. – №3. – С. 103-108.
41. Голубов, И. Инновации в формировании ассортимента перепелиной продукции / И. Голубов // *Птицеводство.* – 2013. – №3. – С. 29-33.
42. Голубов, И. И. Развивать отечественное перепеловодство / И. И. Голубов, Г.В. Красноярцев // *Птица и птицепродукты.* – 2013. – №3. – С. 27-29.
43. ГОСТ 31655-2012 Яйца пищевые (индюшиные, цесариные, перепелиные, страусиные). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
44. ГОСТ 53404-2009 Яйца пищевые (индюшиные, цесариные, перепелиные, страусиные). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2010. – 9 с.
45. Гужва, В.И. Продуктивные и воспроизводительные качества перепелов различных пород / В.И. Гужва, В.И. Руденко: сб. науч. тр. ОСХИ. – Одесса, 1982. – С.59-62.
46. Гущин, В.В. Сравнительный анализ нормативных документов на яйца куриные пищевые стран Таможенного союза, Украины и Евросоюза / В.В. Гущин // *Птица и птицепродукты.* – 2012. – №4. – С.19-21.
47. Данилова, А. Влияние исходного качества яиц на их способность к длительному хранению в различных условиях / А. Данилова, И. Шпиц // *Вопросы совершенствования племенной работы и технологий в животноводстве: труды.* – М., 1977. – т. 92. – С. 119-121.
48. Дегтярева, Т.Н. Племенная работа с перепелами / Т.Н. Дегтярева // *Достижения в современном птицеводстве: исследования и инновации: материалы XVI конференции – Сергиев Посад.* – 2009. – С.23-24.
49. Дерхо, М.А. Анализ корреляционных связей массы яйца с показателями качества пищевых яиц / М.А. Дерхо, Т.И. Среда, Л.Ш. Горелина // *Известия ОТАУ.* – 2014. - №6 (50). – С. 172-175.
50. Джой, И. Продуктивные и воспроизводительные показатели перепелов при разных способах содержания / И. Джой // *Птицеводство.* – 2012. – №7. – С. 18-20.
51. Диалло, А. Качество перепелиных яиц и эмбриональное развитие в связи с возрастом несушек: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Диалло Абдулай. – М., 2002. – 19 с.
52. Дэнни, М. Худж Споры помогают улучшить цвет яичной скорлупы / М. Худж Дэнни / перевод Л. Лапытова // *World Poultry.* – 2007. – №3. – С.
53. Дядичкина, Л.Ф. Инкубационные качества куриных яиц, хранившихся при экстремальных температурах // Л.Ф. Дядичкина, Н.С. Позднякова, Д.В.

- Шешенин // Сб. науч. трудов ВНИТИП. – Сергиев Посад, 2001. – т. 76. – С. 95-104.
54. Дядичкина, Л.Ф. Инкубационные качества яиц водоплавающей птицы после длительного хранения / Л.Ф. Дядичкина [и др.] // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: материалы XVIII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2015. – С. 318-320.
55. Дядичкина, Л. Инкубация цесариных, перепелиных яиц и яиц африканского черного страуса / Л. Дядичкина, Т. Милехина, Н. Позднякова // Птицефабрика. – 2007. – №10. – С.8-12.
56. Дядичкина, Л. Качество яиц – залог успешной инкубации / Л. Дядичкина // Птицеводство. – 2008. – №3. – С.21-23.
57. Дядичкина, Л.Ф. Качество яиц индеек в зависимости от возраста несушек / Л.Ф. Дядичкина [и др.] // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: материалы XVIII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2015. – С. 311-312.
58. Дядичкина, Л.Ф. Качество яиц индеек в связи с хранением / Л.Ф. Дядичкина [и др.] // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: материалы XVIII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2015. – С. 313-314.
59. Дядичкина, Л. Хранение инкубационных яиц / Л. Дядичкина // Птицеводство. – 2015. – №6. – С.11-18.
60. Дядичкина, Л.Ф. Хранение инкубационных яиц – необходимая составляющая технологии воспроизводства птицы / Л. Ф. Дядичкина, Н. С. Позднякова // Птицеводство. – 2015. – №6. – С. 11-18.
61. Егоров, И. Влияние кормления птицы на пигментацию продукции / И. Егоров // Птицефабрика. – 2007. – №10. – С.13-20.
62. Егоров, И. Кормление и содержание перепелов / И. Егоров, Л. Белякова // Птицеводство. – 2009. – №4. – С.32.
63. Ежова, О.Ю. Инкубационные качества яиц в зависимости от срока хранения / О.Ю. Ежова // Научные достижения в области животноводства за 25 лет государственной независимости Республики Таджикистан. – 2016. – С. 218-220.
64. Ерастов, Г. Один из путей производства конкурентоспособной продукции птицеводства / Г. Ерастов // Птицефабрика. – 2007. – №2. – С. 58-60.
65. Жмакин, М.С. Содержание и разведение домашней птицы / М.С. Жмакин [и др.]. – Ростов н/Д: Владис; М.: РИПОЛ классик, 2011. – 448 с.



66. Жолобова, И. Влияние натрия гипохлорита на перепелов в период интенсивной яйцекладки / И. Жолобова, А. Лунева, Ю. Лысенко // Птицеводство. – 2013. – №7. – С.15-20.
67. Жуков, В. Потеря массы яиц разных видов птицы при хранении / В. Жуков, Д. Пилюгина, П. Царенко // Знание молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны. – 2015. – С. 88-89.
68. Задорожная, Л.А. Перепеловодство / Л.А. Задорожная. – М.: Сталкер, АСТ, 2005. – 93 с.
69. Заморская, Т.А. Характеристика перепелиных яиц и рост перепелят / Т.А. Заморская, А.Ю. Быстров // Совершенствование племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных: науч. тр. к 75-летию юбилею зооинженерного факультета. – СПб. – 1998. – С. 64-67.
70. Иванчо, С. Формула для перепеловодства / С. Иванчо, А. Голохвастов // Птицепром. – 2010. – №4 (04). – С. 19-21.
71. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы: метод. рекомендации. – Сергиев Посад, 2008. – 119 с.
72. Интенсивная технология содержания перепелов: методические указания / З.И. Кочетова, Л.С. Белякова, Л.Ф. Мокобо. – Сергиев-Посад, 1997. – 24с.
73. Кавтарашвили, А.Ш. Сравнительная эффективность реализации пищевых яиц по массе и категориям / А.Ш. Кавтарашвили [и др.] // Птица и птицепродукты – 2016. – №1. – С. 25-26.
74. Калюжнов, В.Г. Научные разработки в нашей стране по проблеме повышения продуктивных качеств перепелов / В.Г. Калюжнов, Б.В. Гришин, Е.В. Филинов // Сб. науч. трудов ОмГАУ. – Омск, 2000.
75. Калюжнов, В.Г. Продуктивные качества перепелов и их гибридов / В.Г. Калюжнов, Б.В. Гришин, Е.В. Филинов // Технологии современного животноводства в условиях Сибири: сб. науч. тр. ОмГАУ. – Новосибирск, 1999. – С. 85-87.
76. Карапетян, Р. Биологические и продуктивные качества перепелов / Р. Карапетян // Птицеводство. — 2003. — № 8. – С. 29–30.
77. Карапетян, Р.В. Яичная продуктивность потомков перепелов, трансгенных по гену бычьего соматотропина / Р.В. Карапетян, Л.Г. Коршунова // Достижения в современном птицеводстве: исследования и инновации: материалы XVI конференции. – Сергиев Посад. – 2009. – С.34-35.
78. Карасева, Ж.В. Совершенствование методов контроля качества яиц в промышленных птицеводческих хозяйствах: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук:06.02.04 / Карасева Жанна Владимировна. – Ленинград-Пушкин. – 1984. – 18 с.

- 79.Кен, У. Келкебек Как сохранить качество яиц?// Птицефабрика. – 2005. – №1. – С.45-46.
- 80.Кириллов, Н.К. Обработка яиц комплексным воздействием электромагнитных излучений / Н.К. Кириллов, Г.В. Новикова, Е.Л. Белов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – №6. – С. 73-74.
- 81.Коваленко, Б.В. Энциклопедия перепеловода / Б.В. Коваленко: вып. 2. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – С. 6.
- 82.Комарчев, А.С. Продуктивные и воспроизводительные качества перепелов при использовании каротинсодержащих репаратов растительного происхождения: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Комарчев Алексей Сергеевич. – М., 2016. – 22 с.
- 83.Коршунов, К.Р. Продуктивные и биологические особенности перепелов, трансгенных по гену бычьего соматотропина: автореф.дис...канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Коршунов Константин Рубенович. – Сергиев Посад, 2001. – 24 с.
- 84.Коршунова, Л.Г. Возраст оценки перепёлок по массе яиц / Л.Г. Коршунова, Р.В. Карапетян, О.Ф. Знадинова // Птицеводство. – 2016. – №4. – С. 11-14.
- 85.Коршунова, Л.Г. Качество яиц перепелов эстонской породы / Л.Г. Коршунова // Птица и птицепродукты. – 2009. – №3. – С.50-51.
- 86.Коршунова, Л.Г. Качество яиц трансгенных перепелов / Л.Г. Коршунова // Птицеводство. – 2009. – №4. – С. 35-36.
- 87.Коршунова, Л.Г. Перспективы использования трансгенеза в птицеводстве / Л.Г. Коршунова [и др.] // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: материалы XVIII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2015. – С. 71-72.
- 88.Коршунова, Л.Г. Способ генетического улучшения продуктивных признаков птицы / Л.Г. Коршунова // Вестник РАСХН. – 2009. – С. 72-73.
- 89.Коршунова, Л.Г. Сравнительная оценка яичной продуктивности потомком трансгенных серых перепелов эстонской породы / Л.Г. Коршунова [и др.] // Сборник научных трудов ВНИТИП. – Сергиев Посад, 2001. – С.78-85.
- 90.Коршунова, Л.Г. Фенотипическая характеристика серых перепелов эстонской породы / Л.Г. Коршунова // Птица и птицепродукты. – 2011. – №3. – С. 43-46.
- 91.Косинцева, Ю.В. Морфологические и биохимические качества яиц / Косинцева Ю.В. [и др.] // Птицеводство. – 2007. – №9. – С. 45-51.
- 92.Коснырева, Л.М. Товароведение и экспертиза мяса и мясных товаров / Л.М. Коснырева, В.И. Криштафович, В.М. Позняковский. – М.: Академия, 2008. – 320 с.

93. Котарев, В. Особенности проявления гетерозиса при межпородном скрещивании перепелов / В. Котарев, А. Семин, И. Глинкина // Птицеводство. – 2011. – №5. – С.31.
94. Кочетова, З.И. Перепелиное яйцо – залог здоровья и долголетия / З.И. Кочетова, Л.С. Белякова // Птица и птицепродукты. – 2006. – №2. – С. 51-52.
95. Кочетова, З.И. Разведение перепелов / З.И. Кочетова // Птицеводство. – 1994. – №4. – С.30-32.
96. Кочетова, З.И. Перепеловодство – выращивание и содержание / З.И. Кочетова, Л.С. Белякова. – Сергиев-Посад, 2010. – 83 с.
97. Кочетова, З.И. Способы содержания перепелов / З.И. Кочетова, Л.С. Белякова // Птицеводство. – 1991. – №3. – С.20-22.
98. Кощаев, А.Г. Эффективность применения биотехнологических функциональных добавок при выращивании перепелов / А.Г. Кощаев [и др.] // Эффективное животноводство. – 2011. – №4. – С. 23-25.
99. Крапчина, Л.Н. Перепеловодство как перспективный вид предпринимательской деятельности / Л.Н. Крапчина, К.С. Гемаюрова // Российское предпринимательство. – 2013. – №5. – С.84-89.
100. Кроик, Л.В. Концепция развития промышленного перепеловодства в России / Л.В. Кроик // Вестник РАСХН. – 2000. – №4. – С.18-19.
101. Кузнецов, А. Эффективное использование каротиноидов / А.Кузнецов // Птицеводство. – 2008. – №2. – С.11-12.
102. Кузьминова, Е.В. Фармакология и применение каротиноидов в ветеринарии и животноводстве: автореф.дис... д-ра вет. наук: 16.00.04 / Кузьминова Елена Васильевна. – Краснодар, 2007. – 48 с.
103. Лангедер, М. Сортировка и упаковка яиц обеспечивает успех реализации / М. Лангедер // Птицеводство.- 2003. - №7. – С. 34-35.
104. Лыкасова, И.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза сырья и продуктов животного и растительного происхождения. Лабораторный практикум: Учебное пособие / И.А. Лыкасова [и др.] – 2-е изд. – СПб.:Издательство «Лань», 2015. – 304 с.
105. Мотовилов, О.К. Товароведение и экспертиза мяса птицы, яиц и продуктов их переработки: качество и безопасность / О.К. Мотовилов, В.М. Позняковский, К.Я. Мотовилов, Н.В. Тихонова. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 316 с.
106. Мунгин, В. Повышение яйценоскости и качества яиц перепелок / В.В. Мунгин [и др.] // Птицеводство. – 2016. – №7. – С. 31-34.
107. Нанос, В. Кормление перепелов в интенсивных условиях содержания / В. Нанос // Птицеводство. – 1991. – №3. – С.17-20.

108. Нанос, В. Перепелиные яйца в питании детей / В. Нанос, Л. Кроик // Птицеводство. – 1993. – №1. – С. 22-23.
109. Нанос, В. Птичка-невеличка / В. Нанос // Птицеводство. – 1995. – №5. – С. 32-34.
110. Наумова, В.В. Влияние качества и сроков хранения инкубационных яиц на вывод и количество молодняка / В.В. Наумова // Ульяновская государственная с.-х. академия им. П.А. Столыпина. – 2015. – С.218-220.
111. Никонова, А.Л. Технология производства, оценка качества и условий хранения пищевых яиц / А.Л. Никонова [и др.] // Молодежь и наука. – 2016. – №2. – С. 51.
112. Носков, С.Б. Влияние каротиносодержащих препаратов на продуктивность кур-несушек и качество яиц / С.Б. Носков, А.В. Дымов // Зоотехния. – 2011. – №5. – С.30-31.
113. О пользе перепелиных яиц // Птицеводство. – 2006. – №2. – С. 31.
114. Овчаров, А. Аминокислотный состав и пищевая ценность яиц / А. Овчаров, С. Буров // Птицеводство. – 2001. – №6. – С.35-37.
115. Околелова, Т. Функциональное яйцо плюс высокая продуктивность кур / Т. Околелова [и др.] // Птицеводство. – 2006. – №9. – С.18-19.
116. Ольшанская, Г.Н. Яичная продуктивность перепелов на кормосмесях в зависимости от дозы и техники скармливания / Г.Н. Ольшанская // Птицеводство. – 2004. – №6. – С. 68-70.
117. Оценка качества яиц сельскохозяйственной птицы методические указания; под ред. Б.Ф. Бессарабов, Л.П. Гонцова, А.А. Крыпанов. – М., 2013. – 35 с.
118. Папазян, Т.Т. О содержании селена в яйцах птицы различных видов / Т.Т. Папазян, Н.А. Голубкина // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – №4. – С. 41-45.
119. Пигарева, М.Д. Исследования по перепеловодству. Научные основы технологии производства яиц и мяса птицы / М.Д. Пигарева, В.Н. Володина // Сборник научных трудов ВНИТИП. – т. 44. – Загорск: ВНИТИП, 1997. – С. 97-100.
120. Пигарева, М.Д. Научное обоснование стандарта на яйца домашних перепелов / М.Д. Пигарева // Повышение качества пищевых яиц: Науч.тр.ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1976. – С. 143-146
121. Пигарева, М.Д. Перепела на ПЭПФ ВНИИПП // М. Пигарева, А. Кудрявцев // Птицеводство. – 1971. – №8. – С.30-32.
122. Пигарева, М.Д. Перепеловодство / М.Д. Пигарева, Г.Д. Афанасьев – М.: Росагропромиздат, 1989. – 103 с.

- 123.Пигарева, М.Д. Разведение перепелов / М.Д. Пигарева. – М.: Россельхозиздат, 1978. – 78 с.
- 124.Пигарева, М. Разведение японских перепелов в клетках / М. Пигарева // Птицеводство. – 1967. – №9. – С.22-25.
- 125.Пищевая и биологическая ценность яиц и яичных продуктов: справочник. – Сергиев Посад, 2013. – 23 с.
- 126.Подольская, В.С. Биорезонансная технология в перепеловодстве / В.С. Подольская, А.Г. Авакова // Птицеводство. – 2008. – №1. – С. 39-40.
- 127.Понамарева, Т.В. Развитие производства продуктов перепеловодства на специализированных предприятиях Воронежской области // Международный студенческий вестник. – 2015. – №3. - С.355.
- 128.Попова, Л.А. Инкубационные качества перепелиных яиц в зависимости от условий и сроков хранения / Л.А. Попова, А.С. Комарчев// Птица и птицепродукты. – 2014. – №4. – С.65-67.
- 129.Попова, Л.А. Как сохранить инкубационные качества перепелиных яиц? / Л.А. Попова, А.С. Комарчев // Птицеводство. – 2014. – №2. – С.10-13.
- 130.Производство яиц и мяса перепелов в современных условиях: методические указания. – Сергиев Посад: ГНУ ВНИТИП Россельхозакадемии, 2011. – 87 с.
- 131.Промышленное перепеловодство / Ф.Ф. Алексеев [и др.]; сост.: В.И. Фисинин, Г.А. Тардатьян. – М.: Агропром-издат, 1991. – 544 с.
- 132.Разведение перепелов // Новый садовод и фермер. – 2006. - №3. – С.38-40.
- 133.Ратошный, А.Н. Кормление ремонтного молодняка перепелов и перепел-несушек / А.Н. Ратошный, С.Н. Зибров // Эффективное животноводство. – 2012. – №3. – С.28-30.
- 134.Рахманов А.И. Разведение домашних и экзотических перепелов / А.И. Рахманов. – М.: Аквариум ЛТД, 2001. – 64 с.
- 135.Рудаевская, А.Б. Улучшение качества яиц и продуктов их переработки путем оптимизации технологии производства и хранения: автореф. дис....д-ра с.-х. наук: 06.02.04 /Рудаевская Анна Борисовна. – Л., 1982. – 35 с.
- 136.Рванкин, С. Нормативно-техническая документация на яйцо и мясо перепелов / С. Рванкин // Птицеводство. – 1992. – №1. – С.22-24.
- 137.Ресурсосберегающая технология производства яиц и мяса перепелов: методические рекомендации / З.И. Кочетова, Л.С. Белякова – Сергиев-Посад, 2005. – 78с.
- 138.Ройтер, Я.С. Прием повышения племенных и продуктивных качеств мясных перепелок / Я.С. Ройтер, И.Ю. Джой // Инновационные разработки и их освоение в промышленном птицеводстве: материалы XVII международной конференции. – Сергиев Посад. – 2012. – С. 93-95.

139. Романов, А.Л. Птичье яйцо / А.Л. Романов, А.И. Романова. – М.: Пищепромиздат, 1959. – 540 с.
140. Рыбалова, Н.Б. Люминесценция куриных яиц и ее связь с биологическими и хозяйственными признаками: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Рыбалова Наталья Борисовна. – СПб., 1995. – 165 с.
141. Рыцарева, А. Н. Технологические приемы инкубации перепелиных яиц: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Рыцарева Анна Николаевна. – Загорск, 1989. – 21 с.
142. Сайду, С.Ш. Воспроизводительные и продуктивные качества японских перепелов разного происхождения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Сайду Сулейман Шеху. – М., 2016. – 27 с.
143. Саркисян, С. Изменение аминокислотного состава яиц в процессе хранения / С. Саркисян, В. Абрамян, Э. Мхчян // Птицеводство. – 2009. – №4. – С.39-40.
144. Сафиулова, Ю.Р. О ГОСТе «Яйца куриные пищевые» / Ю.Р. Сафиулова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2008. – №8. – С. 77-78.
145. Седов, Ю.Д. Перепела: разведение, содержание, уход / Ю.Д. Седов. – Ростов – на – Дону «Феникс», 2016. – 105 с.
146. Серебряков, А.Н. Перепела: содержание, кормление, разведение / А.Н. Серебряков. – Россия: Пензинская область, 2010. – 89 с.
147. Сергеева, А.М. Контроль качества яиц. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 72 с.
148. Серeda, Т. Биологическая ценность белка яиц в различные сроки яйцекладки / Т. Серeda, Л. Разумовская // Птицеводство. – 2009. – №3. – С. 23.
149. Сафиулова, Ю.Р. Совершенствование методов оценки свежести куриных яиц автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Сафиулова Юлия Ринатовна. – СПб., 2009. – 26 с.
150. Снегов, А. Все о перепелах. Лучшие породы. Разведение, содержание, уход: практическое руководство / А. Снегов. – М.: АСТ, 2014. – 192 с.
151. Снегов, А. Перепела на вашей миниферме. Современные технологии выращивания. – М.: Астрель; Владимир: ВКТ, 2012. – 192 с.
152. Соколова, Л.И. Продукт лечебно-профилактического назначения / Л.И. Соколова // Сб. науч. трудов ВНИИПП. – М., 2005. – вып. 33. – С. 25.
153. Станишевская, О. Питательность куриного яйца можно повысить / О. Станишевская, Е. Фёдорова // Животноводство России. – 2016. – №5. – С. 15-16.
154. Столляр, Т.А. Продуктивные признаки перепелов в зависимости от возраста комплектования родительского стада / Т.А. Столляр, А.П. Тетеркин // Птица и ее переработка. – 2001. - №4. – С. 28-32.

155. Сунгурова, Е.А. Сравнительный анализ качества перепелиного и куриного яйца в процессе хранения / Е.А. Сунгурова, Е.М. Шешукова // Проблемы питания: гигиена, безопасность, регионально-ориентированный подход / Материалы II-ой региональной конференции, посвященной 20-летию Кировской ГМА. – Киров, 2007. – С.107-109.
156. Сурай, П. Витаминная обеспеченность птицы и ее контроль / П. Сурай, И. Ионов // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2009. – №2. – С.63.
157. Сычев, М.Ю. Продуктивность яичных перепелов при разных уровнях сырого жира в комбикормах / М.Ю. Сычев // Повышение интенсивности и конкурентноспособности отраслей животноводства: сборник тезисов Международной научно-практической конференции. – Жодино, 2010. – С.164.
158. Тарабрина, Л.Г. Влияние массы яиц на их качество // Л.Г. Тарабрина // Сб. науч. трудов ВНИТИП. – 1991. – С. 75-85.
159. Тетеркин, А.Л. Продуктивные качества перепелов в зависимости от возраста комплектования родительского стада: дис...канд. с.-х. наук: 06.02.04 / Тетеркин Андрей Львович. – Сергиев Посад, 2003. – 20 с.
160. Технология инкубации яиц сельскохозяйственной птицы: методические наставления / под общ. ред. В.И. Фисинина. – Сергиев Посад, 2011. – 85 с.
161. Тикк, Х. Перепеловодство Эстонии / Х. Тикк, В. Непс // Птицеводство. – 1991. – №5. – С.2-3.
162. Тикк, Х. Эстонский перепел / Х. Тикк, В. Непс, Р. Тейнберг // Птицеводство. – 1991. – №1. – С.30-32.
163. Удод, В. Перепелов может разводить каждый / В. Удод // Наша дача. – 2000. – №22. – С.16-17.
164. Удод, В. Перепелов может разводить каждый / В. Удод // Наша дача. – 2000. – №23. – С.14-17.
165. Фирсова, Е.Л. Хранение куриных яиц в инертных газах / Е.Л. Фирсова // Тезисы докладов к конференции молодых ученых: сб. статей. – Л., 1990. – С. 10-11.
166. Фирсова, Е.Л. Качество пищевых куриных яиц при длительном хранении в среде обогащенной углекислым газом / Е.Л. Фирсова, О.А. Елисеев // Записки ЛСХИ. – Л., 1989. – С. 76-78.
167. Фисинин, В.И. Каротиноиды в пищевых яйцах: проблемы и решения / В.И. Фисинин, А.Л. Штелле // Птица и птицепродукты. – 2008. – №5. – С.58-60.
168. Фисинин, В.И. Каротиноиды в пищевых яйцах: проблемы и решения / В.И. Фисинин, А.Л. Штелле // Птица и птицепродукты. – 2008. – №6. – С.50-52.
169. Фисинин, В. Качество пищевых яиц и здоровое питание / В. Фисинин, А. Штелле, Г. Ерастов // Птицеводство. – 2008. – №2. – С.-2-5.

- 170.Фисинин, В.И. Пищевая и биологическая ценность яиц и яичных продуктов: справочник / В.И. Фисинин [и др.]. – Сергиев Посад, 2013. – 28 с.
- 171.Фролова, И. Яичная продуктивность перепелов / И. Фролова, А. Аристов// Птицеводство. – 2010. – №8. – С.40-41.
- 172.Хармс, Р.Х. Влияние некоторых факторов кормления и содержания на массу яйца / Р.Х. Хармс, Д.Р. Слоун // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2006. – №9. – С. 58-59.
- 173.Харчук, Ю. Разведение и содержание перепелов / Ю. Харчук. – Ростов н/Д.: Феникс, 2005. – 96 с.
- 174.Царенко, П.П. Биологическое обоснование режимов хранения яиц / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева // Птицеводство. – 2016 . – №11. – С. 29-34.
- 175.Царенко, П.П. Качество куриных пищевых яиц в торговой сети Санкт-Петербурга / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. – №15. – С. 71-74.
- 176.Царенко, П.П. Методы оценки и повышение качества яиц сельскохозяйственной птицы: учебное пособие / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева. – СПб.:Лань, 2016. – 280 с.
- 177.Царенко, П.П. Повышение качества продукции птицеводства: пищевые и инкубационные яйца / П.П. Царенко. – Л.:Агропромиздат, 1988. – 240 с.
- 178.Царенко, П.П. Прочность - главное качество скорлупы яиц / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, Е.В. Осипова // Птица и птицепродукты. – 2012. – №5. – С. 51-54.
- 179.Царенко, П.П. Современные методы оценки качества яиц с.-х. птицы: методические указания для студентов, обучающихся по направлению подготовки 111100.68 «Зоотехния» / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева. – СПб., 2013. – 30 с.
- 180.Царенко, П.П. Эволюция качества куриного яйца / П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, Н.Б. Рыбалова // Животноводство России. – 2009. – №1. – С.21-22.
- 181.Шабанова, С.А. Пигментация скорлупы яиц /С.А. Шабанова // Генетика и разведение животных. – 2015. – №1. – С.35-39.
- 182.Шапошников, А. Источники биологически активных ксантофиллов для яичной продукции / А. Шапошников [и др.] // Птицеводство. – 2009. – №4. – С. 41
- 183.Шарупа, В.Ф. Влияние линии, возраста птицы, типа клеточных батарей и сезона года на потребительские достоинства яиц: автореф. дис. ...канд. техн. Наук 05.18.15 / В.Ф. Шарупа Варвара Федоровна. – Ленинград, 1984. – 23 с.
- 184.Шпиц, И.С. Особенности морфологического и химического состава яиц разных видов дикой и домашней птицы / И.С. Шпиц, В.Р. Нанос, Л.И. Кроик // Конференция по птицеводству. – СПб. – Ломоносов, 1993. – С.52-54.



185. Штеле, А. Биологические и зоотехнические факторы образования полноценных яиц / А. Штелле // Птицеводство. – 2011. – №9. – С. 19-24.
186. Штеле, А.Л. Качество пищевых яиц в зависимости от их массы // Повышение качества продуктов птицеводства. – М., 1983. – 132 с.
187. Штеле, А.Л. Куриное яйцо: вчера, сегодня / А.Л. Штелле. – М.: Агробизнесцентр, 2004. – 196 с.
188. Штеле, А. Обогащение яиц биоэлементами / А. Штелле // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2010. – №1. – С. 4-8.
189. Штеле, А.Л. Образование биологически полноценных яиц и продуктивность кур яичных кроссов / А.Л. Штелле // Птица и птицепродукты. – 2011. – №6. – С.19-23.
190. Штеле, А.Л. Повышение качества продуктов птицеводства / А.Л. Штеле. – М., 1979. – 189 с.
191. Штеле, А.Л. Яичное птицеводство / А.Л. Штеле, А.К. Османян, Г.Д. Афанасьев. – СПб.: Лань, 2011. – 276 с.
192. Штеле, А.Л. Яйца и здоровое питание / А.Л. Штелле // Птицефабрика. – 2006. – №1. – С.85-88.
193. Шульте-Дрюггелте, Р. Предынкубация как способ улучшения выводимости хранящихся яиц / Р. Шульте-Дрюггелте // Poultry News. – 2015. – №1. – С. 14-15.
194. Экспертиза продовольственных товаров: лабораторный практикум / по ред. Ю.И. Сидоренко. – М.: Инфра-М, 2011. – 182 с.
195. Яйца перепелиные пищевые. Технические условия: ТУ 10 РСФСР 398-89. – Москва: Госагропром комитет РСФСР. – 1989. – 10 с.
196. Abeyrathne, S. Effect of beeswax coating on internal and sensory qualities of chicken eggs stored at room temperature / S. Abeyrathne, M. Edirisinghe, S. Himali // The Proceedings XXV World's poultry Congress. – China, 2016. – P.522.
197. Ahn, B.Y. Studies on the quality of locally produced eggs during marketing and distribution. II. Effects of washing treatment and storage temperature on egg quality / B.Y. Ahn, J.W. Kim, Y.B. Lee // Korean Journal of animal science. – 1991. – №23. – P. 92-96.
198. Akyurek, H. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens / H. Akyurek, A. Okur // J. Animal Vet. Adv. – 2009. – №8. – 1953-1958.
199. Becker, W.A. Genetic analysis of chicken egg yolk cholesterol / W.A. Becker [et al.] // Poultry Science. – 1977. – vol. 56. – P. 895-901.
200. Beev, K. Some morphological and chemical characteristics of Japanese quail eggs / K. Beev // Kharanitelna Promishlenost. – 1975. – vol. 24. – №8. – P. 31-32.

201. Bovškova, H. Factors influencing egg white foam quality / H. Bovškova, K. Mikova // *Czech Journal of Food Sciences*. – 2011. – vol. 29. – № 4. – P. 322-327
202. Deeming, D.C. Storage of Hatching Eggs / D.C. Deeming // *Poultry Intern*. – 2000. – № 13. – P.44-48.
203. Duan, Z. The thickness of eggshell membrane exerted very weak effect on eggshell strength / Z. Duan [et al.] // *The Proceedings XXV World's poultry Congress*. – China, 2016. – P.526.
204. Dudusola, I.O. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl / I.O. Dudusola // *International Research Journal of Plant Science*. – 2010. – №1. – P. 112-115.
205. Dudusola, I.O. Effects of storage methods and length of storage on some quality parameters of Japanese quail eggs / I.O. Dudusola // *Tropicultura*. – 2009. – №27. – P. 45-48.
206. Dunn, I. Genetic variability of egg quality and prospects for selection / I. Dunn // *Proceedings of the XXIV World's Poultry Congress*. – Salvador, Bahia, Brazil, 2012. – P.47-58
207. Fu, S. The effects of storage time on egg quality and yolk oxidation index / S. Fu [et al.] // *The Proceedings XXV World's poultry Congress*. – China, 2016. – P.528.
208. Genchev, A. Quality and composition of Japanese quail eggs / A. Genchev // *Trakia Journal of Sciences*. – 2012. – vol. 10. – №2. – P. 91-101.
209. González, M. Influence of age on physical traits of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs / M. González // *Ann Zootech*. – 1995. – №44. – P. 307-312.
210. Harms, R.H. Factors affecting egg shell quality / R.H. Harms // *Proc.Nutr.Conf.Feed.Ind*. – 1987. – P.77-87.
211. Harms, R.H. «Short rest» restores egg shell quality / R.H. Harms, R.B. Christmas // *Poultry Tribune*. – 1984. – vol.90. – №9. – P.24-26.
212. Hatta, H. Comparison of methods to evaluate egg freshness: HU vs YI and digital vs manual / H. Hatta, M. Yamashita, T. Hayakawa // *The Proceedings XXV World's poultry Congress*. – China, 2016. – P.536.
213. Hurler, P.H. Quail – A review / P.H. Hurler // *The poultry review*. – 1968. – vol. 8. – №1. – P. 13-17.
214. Imai, C. Storage stability of quail eggs at room temperature / C. Imai, A. Mowlah, J. Saito // *Poultry Science*. – 1986. – vol. 65. – P. 474-480.
215. Iton, T. Some physico-chemical changes in quail egg white during storage / T. Iton [et al.] // *Poultry Science*. – 1981. – vol. 60. – P. 1245-1249.
216. Izat, A.J. Effects of age of bird and season of the year on egg quality. 2.Hague units and compositional attributes / A.J. Izat [et al.] // *Poultry Science*. – 1986. – vol.65. – №4. – P. 726-728.

217. Jacob, J.P. Egg quality / J.P. Jacob, R.D. Miles // Institute of food and agricultural sciences. – University of Florida, 1998. – P. 1-11.
218. Jones, D.R. Effects of extended storage on egg quality factors / D.R. Jones, M.T. Musgrove // Poultry Science. – 2005. – №84. – P. 1774-1777.
219. Kader, Y.M. The relationship between some characters of egg shell quality and their relationship to other egg quality traits / Y.M. Kader, S. Whisky // Rozchiki naukowe. Zoot. – 1979. – vol. 6. – №2. – P. 49-55
220. Kondaiah, N. Internal egg quality measure for quail eggs / N. Kondaiah, B. Panda, R. Singhal // Indian J. of Avian Science. – 1983. – vol.53. – P. 1261-1264.
221. Kondaiah, N. Internal egg quality units for quail eggs – a ready reckoner table / N. Kondaiah, B. Panda, R. Singhal // Indian Poultry gazette. – 1981. – №.65. – P. 113-126.
222. Kudret, S. Egg shell pigmentation and its effect on quality in quail / S. Kudret, A. Okumus // Abstracts 10-th European Poultry Conf. – 1998. – P.114.
223. Kul, S. Phenotypic correlations between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail / S. Kul, I. Seker // International Journal of Poultry Science. – 2004. – №3. – P.400-405.
224. Lacin, E. Effects of egg storage material and storage period on hatchability in Japanese quail / E. Lacin, O. Coban, N. Sabuncuoglu // Asian-Aust. J. Anim. Sci. – 2008. – vol. 21. – №8. – P. 1183-1188.
225. Lepore, P.D. Genetic variation of some chemical components of Coturnix quail egg yolk / P.D. Lepore, H.L. Marks // Poultry Science. – 1965. – v.44. – P.184-186.
226. Marvin, W.W. Egg composition as influenced by breeding, egg size, age and scission // Poultry Science. – 1964. – vol.43. – №1. – P.255-264.
227. Miller, E.C. Serum and egg yolk cholesterol of hens fed dried egg yolk / E.C. Miller, C.A. Denton // Poultry Science. – 1962. – vol. 41. – P. 335-337.
228. Narahari, D. Traits influencing the hatching performance of Japanese quail eggs / D. Narahari, K.A. Mujeer, A. Thangavel // Brit. Poultry Sc. – 1988. – vol.29. – № 1. – P. 101-112.
229. Nepomuceno, R.C. Quality of quail eggs at different times of storage / R.C. Nepomuceno [et al.] // Ciênc. anim. bras. – 2014. – № 4. – P. 55-56.
230. Nice, G. Relationship between age, shell quality and individual rate and duration of shell formation in domestic hens / G. Nice // Brit. Poult, Sc. – 1986. – vol.27. – № 2. – P.253-259.
231. Nowaczewski, S. Egg quality of Japanese quails depends of layer age and storage time / S. Nowaczewski [et al.] // Folia biologica. – 2010. – vol.58. – №3-4. – P. 201-207.

232. Nowaczewski, S. Eggs weight of Japanese quail vs. eggs quality after storage time and hatchability results / S. Nowaczewski [et al.] // Archiv Tierzucht. – 2010. – №53. – P. 720-730.
233. Okumus, A. Genetic of white egg color in Japanese quail / A. Okumus // Abstracts 10-th European Poultry Conf. – 1998. – P.69.
234. Ozcelik, M. The phenotypic correlations among some external and internal quality characteristics in Japanese quail eggs / M. Ozcelik // Vet. J. Ankara University. – 2002. – №49. – P.67-72.
235. Panda, B. Developments in processing quail meat and eggs / B. Panda, R. Singh // WPSJ. – 1990. – №46. – P. 217-234.
236. Panda, B. Processing and preservation of quail products / B. Panda, R. Singh, A. Shrivastav // Poultry guide. – 1993. – v.16. – №11. – P. 85-97.
237. Parsons, C.M. Controlling egg size / C.M. Parsons, S.F. Ridden // Poultry. – 1985. – vol.1. – №5. – P.24-25.
238. Peebles, E.D. Effects of breeder age and dietary fat source and level on broiler hatching egg characteristics / Peebles E.D. [et al.] // Poultry Science. – 2000. – Vol.79. – P. 698-704.
239. Peebles, E.D. Eggshell quality and hatchability in broiler breeder eggs / E.D. Peebles, J. Brake // Poultry Science – 1987. – vol.66. – №4. – P.596-604.
240. Peterson, C.F. Factors affecting shell quality / C.F. Peterson // A review World's Poultry Science. – 1965. – V.21. – №2. – P. 10-138.
241. Poggenpoel, D.G / Two-way selection for egg albumen quality / D.G. Poggenpoel // Abstracts of the 10<sup>th</sup> European Poultry Conference. – Israil, 1998. – P.64.
242. Punya Kumaril, B. A study of egg quality traits in Japanese quails / B. Punya Kumaril [et al.] // J. Veterinary & Animal Sciences. – 2008. – №4. – P. 227-231.
243. Raji, A. O. Effect of storage methods and time on egg quality traits of laying hens in hot dry climate / A.O. Raji // Journal of Agricultural and Biological Science. – 2009. – vol. 4. – №4. – P. 1-7.
244. Rickets, R.E. Egg characteristic of lines of Japanese quail selected for four-week body mass / R.E. Rickets, H.Z. Marks // Poultry Science. – 1983. – vol.62. – №7. – P. 1330 -1332.
245. Ridlen, S.F. From Egg to Chick / S.F. Ridlen, H.S. Johnson, K.W. Koelkebeck. - University of Illinois, Urbana, Illinois, 1992. – P.1-16.
246. Quinn, J.P. Breeding for egg shell quality as indicated by egg weight loss / J.P. Quinn, C.D. Gordon, A.B. Godfrey // Poultry Science. – 1945. – vol. 24. – P. 399-403.

- 247.Sachdev, A.K. Effect of egg weight and duration of storage on the weight loss, fertility and hatchability traits in Japanese quails / A.K. Sachdev // *Indian Poultry Science*. – 1985. – vol.20. – №1. – P. 19-22.
- 248.Samli, H.E. Effect of storage time and temperature on egg quality in old laying hens / H.E. Samli, A. Agma, N. Senkoylu // *J. Appl. Poultry Res.* – 2005. – №14. – P. 548-553.
249. Saylam, S.K. Egg shell pigmentation and its effect on quality of egg shell in Japanese quail // *Abstracts 10-th European Poultry Conf.* – 1988. – P.114.
- 250.Scott, T.A. The effect of storage and strain of hen on egg quality / T.A. Scott, F.G. Silversides // *Poultry Science*. – 2000. – №79. – P. 1725-1729.
- 251.Seleim, M. Effect of storage and boiling on some quality characteristics of eggs / M. Seleim, E. El-Prince // *Assiut Journal of agricultural Sciences*. – 2000. – №31. – P.1-15.
- 252.Shanaway, M.M. Quail production systems. A review / *FAQ*, 1994 . – P.145.
- 253.Sharma, P. Relationship between egg weight, shape index and fertility and hatchability of Japanese quail eggs / P. Sharma, P. Vorha // *Indian J. Poultry Science*. – 1980. – vol.15. – №1. – P .5-10.
- 254.Simmons, P.C.M. Eggshell quality can sometimes be improved / P.C.M. Simmons // *Poultry*. – 1985. – vol.1. – №1. – P.6-9.
- 255.Singh, R.P. Effect of seasons on physical quality and component yields of eggs from different lines of quail / R.P. Singh, B. Panda // *Indian J. Poultry Science*. – 1987. – vol. 57. – P. 50-55.
- 256.Singh, R.P. Evaluation of physical quality of eggs from different lines of quail / R.P. Singh, B. Panda // *Indian J. Poultry Science*. – 1986. – vol. 21. – P. 75-77.
- 257.Song, K.T. A comparison of egg quality of pheasant, chukar, quail and guinea fowl / K.T. Song [et al.] // *Asian-Aus. J. Animal Sci.* – 2000. - №13. – P. 986-990.
- 258.Souza, H.B. The influence of hen age on the internal quality of the eggs / H.B. Souza // *Ciencifica*. – 1994. – vol. 22. - №2.- P. 217-226.
- 259.Stadelman, W.J. Egg and poultry -Meat processing / W.J. Stadelman [et al.]. – Chilchester, 1989. – 211 p.
- 260.Stojčić, M.Đ. Determining some exterior and interior quality traits of Japanese quail eggs / M.Đ. Stojčić, N. Milošević, L. Perić // *Agroznanje*. – 2012. – vol. 13. – br. 4. – P.667-672.
- 261.Subbiah, E. Production performance of Nandanam Japanese quail-III under Indian tropical condition / E. Subbiah [et al.] // *The Proceedings XXV World's poultry Congress*. – China, 2016. – P.614.
- 262.Sundaram, T. Comparative egg production efficiency of chicken, ducks and quails / T. Sundaram // *Poultry International*. – 1989. – №60. – P.5.

263. Tiwary, K. Production and quality characteristic of quail eggs / K. Tiwary, B. Panda // Indian J. Poultry Science. – 1978. – vol. 13. – P. 27-32.
264. Tsarenko, P. Valuation techniques of freshness of poultry eggs / P. Tsarenko, I. Popov, I. Paronyan, S. Hohrin // Engineering for rural development. – 2017. – P. 1359-1363.
265. Washburn, K.W. Genetic basis of yolk cholesterol content / K.W. Washburn, D.F. Nix // Poultry Science. – 1974. – vol. 53. – P.109-115.
266. Woodard, A. E. The timing of ovulation, movement of the ovum through the oviduct, pigmentation and shell deposition in the Japanese quail / A. E. Woodard, F. B. Mather // Poultry Science. – 1964. – vol. 43. – P. 1427-1432.
267. Yannakopoulos, A.L. Quality characteristics of quail eggs / A.L. Yannakopoulos [et al.] // British Poultry Science. – 1986. – vol.27. – №2. – P. 171 -176.
268. Yannakopoulos, A.L. Quality traits of quail eggs / A.L. Yannakopoulos, A.S. Tseveni-Gousi // Bulletin of the Hellenic Veterinary Medical Society. – 1985. – vol.36. – №1. – P.19-27.
269. Yilmaz, A.A. Effects of hen age, storage period and stretch film packaging on internal and external quality traits of table eggs/ A.A. Yilmaz, Z. Bozkurt // Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii. – 2009. – №42. – P. 462-469.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Виды упаковок

## Картонные упаковки



с ячейками из папье-маше



с ячейками из картона

## Упаковки из полистерола



герметичные



не герметичные



## Приложение 2

Единицы Хау, рассчитанные по формуле для яиц кур, но пересчитанные по данным перепелиных яиц

Высота плотного белка	Масса яйца								
	8	8,25	8,5	8,75	9	9,25	9,5	9,75	9,75
2	77,31004	77,00126	76,69617	76,39459	76,09634	75,80125	75,50917	75,21997	74,93351
2,1	78,03623	77,73259	77,43261	77,13612	76,84293	76,55288	76,26584	75,98165	75,70019
2,2	78,75047	78,4518	78,15677	77,86519	77,5769	77,29173	77,00954	76,7302	76,45356
2,3	79,45315	79,15929	78,86905	78,58223	78,29867	78,01822	77,74073	77,46606	77,19409
2,4	80,14465	79,85545	79,56983	79,28762	79,00865	78,73276	78,45981	78,18966	77,9222
2,5	80,82531	80,54062	80,25949	79,98174	79,7072	79,43573	79,16718	78,90141	78,6383
2,6	81,49547	81,21515	80,93837	80,66494	80,3947	80,1275	79,86321	79,60168	79,34279
2,7	82,15544	81,87936	81,60679	81,33755	81,07148	80,80843	80,54826	80,29083	80,03604
2,8	82,80553	82,53357	82,26509	81,99991	81,73788	81,47884	81,22267	80,96922	80,71839
2,9	83,44604	83,17807	82,91355	82,65232	82,39421	82,13907	81,88677	81,63718	81,39018
3	84,07723	83,81314	83,55248	83,29507	83,04076	82,7894	82,54086	82,29502	82,05174
3,1	84,69939	84,43907	84,18214	83,92845	83,67783	83,43014	83,18526	82,94304	82,70338
3,2	85,31275	85,05609	84,8028	84,55272	84,30569	84,06157	83,82023	83,58153	83,34538
3,3	85,91758	85,66448	85,41472	85,16815	84,9246	84,68395	84,44605	84,21078	83,97803
3,4	86,51409	86,26446	86,01814	85,77498	85,53482	85,29753	85,06297	84,83104	84,6016
3,5	87,10253	86,85626	86,61328	86,37344	86,13658	85,90256	85,67126	85,44256	85,21634
3,6	87,6831	87,44011	87,20038	86,96377	86,73012	86,49929	86,27115	86,04559	85,8225
3,7	88,25601	88,01621	87,77965	87,54618	87,31565	87,08792	86,86286	86,64036	86,42031
3,8	88,82146	88,58477	88,3513	88,12089	87,8934	87,66868	87,44662	87,2271	87,01001
3,9	89,37964	89,14598	88,91552	88,68809	88,46355	88,24178	88,02264	87,80602	87,59181
4	89,93074	89,70003	89,4725	89,24798	89,02633	88,80741	88,59111	88,37732	88,16591
4,1	90,47493	90,24711	90,02243	89,80074	89,5819	89,36577	89,15225	88,9412	88,73253
4,2	91,01239	90,78738	90,56548	90,34655	90,13045	89,91705	89,70622	89,49785	89,29185
4,3	91,54328	91,32101	91,10183	90,88559	90,67216	90,46141	90,25321	90,04746	89,84405
4,4	92,06775	91,84816	91,63163	91,41802	91,2072	90,99904	90,79341	90,59021	90,38933
4,5	92,58597	92,36899	92,15505	91,94401	91,73573	91,53009	91,32696	91,12625	90,92784
4,6	93,09808	92,88365	92,67223	92,4637	92,2579	92,05472	91,85404	91,65576	91,45976
4,7	93,60422	93,39228	93,18333	92,97724	92,77387	92,5731	92,3748	92,17888	91,98524
4,8	94,10453	93,89502	93,68848	93,48478	93,28378	93,08535	92,88939	92,69579	92,50444
4,9	94,59914	94,39201	94,18783	93,98646	93,78777	93,59164	93,39796	93,20661	93,0175
5	95,08818	94,88337	94,6815	94,48241	94,28598	94,09209	93,90063	93,71149	93,52458
5,1	95,57178	95,36924	95,16962	94,97276	94,77854	94,58685	94,39756	94,21057	94,0258
5,2	96,05005	95,84973	95,65231	95,45763	95,26558	95,07602	94,88886	94,70399	94,5213
5,3	96,52311	96,32497	96,1297	95,93716	95,74721	95,55975	95,37467	95,19185	95,01121
5,4	96,99107	96,79506	96,6019	96,41144	96,22357	96,03816	95,8551	95,6743	95,49566
5,5	97,45404	97,26012	97,06902	96,8806	96,69475	96,51135	96,33028	96,15145	95,97477
5,6	97,91213	97,72025	97,53116	97,34475	97,16088	96,97943	96,80031	96,62341	96,44864
5,7	98,36544	98,17555	97,98845	97,80399	97,62205	97,44253	97,26531	97,0903	96,9174
5,8	98,81407	98,62614	98,44096	98,25842	98,07839	97,90074	97,72539	97,55223	97,38116
5,9	99,25811	99,07209	98,88882	98,70815	98,52997	98,35417	98,18064	98,00929	97,84002
6	99,69765	99,51351	99,3321	99,15327	98,97691	98,80291	98,63117	98,46159	98,29408
6,1	100,1328	99,95049	99,7709	99,59387	99,4193	99,24707	99,07708	98,90923	98,74344
6,2	100,5636	100,3831	100,2053	100,03	99,85722	99,68672	99,51845	99,3523	99,18819
6,3	100,9902	100,8115	100,6354	100,4619	100,2908	100,122	99,95538	99,7909	99,62844

## Продолжение приложения 2

Высота плотного белка	Масса яйца								
	10,25	10,5	10,75	11	11,25	11,5	11,75	12	12,25
2	74,64968	74,36834	74,0894	73,81276	73,53831	73,26597	72,99565	72,72727	72,46076
2,1	75,42133	75,14497	74,87099	74,59929	74,32979	74,06238	73,79699	73,53353	73,27193
2,2	76,17952	75,90795	75,63876	75,37184	75,1071	74,84445	74,58381	74,32509	74,06823
2,3	76,92469	76,65776	76,39319	76,13088	75,87074	75,61268	75,35662	75,10249	74,8502
2,4	77,65729	77,39484	77,13474	76,87688	76,62118	76,36756	76,11593	75,86621	75,61833
2,5	78,37774	78,11962	77,86383	77,61028	77,35888	77,10954	76,86218	76,61673	76,37311
2,6	79,08644	78,83251	78,58089	78,33151	78,08426	77,83906	77,59583	77,3545	77,115
2,7	79,78375	79,53388	79,28631	79,04095	78,79772	78,55653	78,3173	78,07995	77,84443
2,8	80,47005	80,2241	79,98045	79,73899	79,49965	79,26233	79,02697	78,79348	78,5618
2,9	81,14567	80,90353	80,66366	80,42599	80,19041	79,95685	79,72523	79,49548	79,26753
3	81,81093	81,57249	81,3363	81,10229	80,87036	80,64044	80,41244	80,18631	79,96196
3,1	82,46617	82,2313	81,99868	81,76821	81,53983	81,31343	81,08895	80,86632	80,64547
3,2	83,11166	82,88026	82,6511	82,42409	82,19913	81,97615	81,75508	81,53585	81,31838
3,3	83,7477	83,51968	83,29387	83,0702	82,84857	82,62892	82,41115	82,19521	81,98103
3,4	84,37456	84,14981	83,92727	83,70684	83,48845	83,27201	83,05746	82,84472	82,63372
3,5	84,99249	84,77093	84,55156	84,33429	84,11903	83,90572	83,69428	83,48465	83,27675
3,6	85,60176	85,3833	85,167	84,95279	84,74059	84,53032	84,32191	84,11529	83,91039
3,7	86,2026	85,98715	85,77384	85,56262	85,35338	85,14606	84,94059	84,7369	84,53492
3,8	86,79525	86,58271	86,37232	86,16399	85,95764	85,7532	85,55058	85,34974	85,1506
3,9	87,37991	87,17023	86,96267	86,75716	86,55361	86,35196	86,15213	85,95405	85,75767
4	87,9568	87,74989	87,5451	87,34233	87,14152	86,94258	86,74545	86,55007	86,35637
4,1	88,52614	88,32193	88,11982	87,91972	87,72157	87,52528	87,33078	87,13802	86,94693
4,2	89,0881	88,88653	88,68703	88,48954	88,29397	88,10026	87,90833	87,71812	87,52957
4,3	89,64289	89,44388	89,24693	89,05198	88,85893	88,66772	88,47829	88,29057	88,10449
4,4	90,19068	89,99417	89,79971	89,60722	89,41663	89,22787	89,04087	88,85557	88,67191
4,5	90,73165	90,53757	90,34554	90,15546	89,96727	89,78089	89,59626	89,41332	89,232
4,6	91,26596	91,07426	90,88459	90,69686	90,51101	90,32695	90,14463	89,96399	89,78496
4,7	91,79377	91,6044	91,41703	91,2316	91,04802	90,86623	90,68617	90,50777	90,33098
4,8	92,31525	92,12814	91,94303	91,75983	91,57848	91,3989	91,22104	91,04483	90,87021
4,9	92,83054	92,64564	92,46273	92,28171	92,10253	91,92511	91,7494	91,57532	91,40283
5	93,33979	93,15705	92,97628	92,7974	92,62034	92,44503	92,27141	92,09941	91,92899
5,1	93,84314	93,66251	93,48383	93,30704	93,13204	92,95879	92,78721	92,61726	92,44886
5,2	94,34072	94,16215	93,98552	93,81076	93,63779	93,46655	93,29697	93,129	92,96258
5,3	94,83266	94,65611	94,48148	94,30871	94,13771	93,96843	93,80081	93,63478	93,47029
5,4	95,31909	95,14451	94,97184	94,80101	94,63195	94,46459	94,29887	94,13474	93,97213
5,5	95,80014	95,62749	95,45673	95,2878	95,12062	94,95514	94,79129	94,62901	94,46825
5,6	96,27591	96,10515	95,93626	95,76919	95,60386	95,44021	95,27818	95,11771	94,95876
5,7	96,74653	96,57761	96,41056	96,2453	96,08178	95,91992	95,75968	95,60098	95,44379
5,8	97,21211	97,04499	96,87973	96,71625	96,55449	96,39439	96,23589	96,07893	95,92346
5,9	97,67274	97,50739	97,34388	97,18215	97,02212	96,86374	96,70694	96,55168	96,39789
6	98,12855	97,96492	97,80313	97,6431	97,48477	97,32807	97,17294	97,01934	96,8672
6,1	98,57961	98,41768	98,25757	98,09921	97,94253	97,78748	97,63399	97,48201	97,33149
6,2	99,02604	98,86577	98,70731	98,55058	98,39553	98,24208	98,0902	97,93981	97,79087
6,3	99,46793	99,30929	99,15244	98,99731	98,84384	98,69198	98,54166	98,39283	98,24544

## Продолжение приложения 2

Высота плотного белка	Масса яйца								
	12,5	12,75	13	13,25	13,5	13,75	14	14,25	14,5
2	72,19603	71,93303	71,67168	71,41193	71,15371	70,89697	70,64165	70,38771	70,13508
2,1	73,01212	72,75403	72,49759	72,24274	71,98943	71,7376	71,48719	71,23816	70,99044
2,2	73,81316	73,55979	73,30808	73,05796	72,80938	72,56227	72,31658	72,07227	71,82928
2,3	74,59968	74,35088	74,10373	73,85816	73,61413	73,37156	73,13043	72,89066	72,65223
2,4	75,37222	75,12782	74,88506	74,64388	74,40423	74,16606	73,9293	73,69392	73,45987
2,5	76,13125	75,8911	75,65258	75,41564	75,18022	74,94628	74,71375	74,48259	74,25276
2,6	76,87725	76,6412	76,40677	76,17392	75,94259	75,71273	75,48428	75,2572	75,03144
2,7	77,61065	77,37856	77,14809	76,91919	76,69181	76,46588	76,24137	76,01823	75,7964
2,8	78,33187	78,10361	77,87697	77,65189	77,42832	77,2062	76,9855	76,76615	76,54812
2,9	79,0413	78,81675	78,59381	78,37243	78,15254	77,93411	77,71708	77,50141	77,28705
3	79,73934	79,51838	79,29902	79,08121	78,86489	78,65002	78,43655	78,22443	78,01362
3,1	80,42633	80,20884	79,99295	79,7786	79,56574	79,35432	79,14429	78,93561	78,72823
3,2	81,10262	80,88851	80,67598	80,46498	80,25547	80,04738	79,84069	79,63533	79,43127
3,3	81,76855	81,55769	81,34842	81,14068	80,9344	80,72956	80,52609	80,32396	80,12312
3,4	82,42441	82,21673	82,01062	81,80602	81,60289	81,40118	81,20084	81,00183	80,80411
3,5	83,07052	82,86591	82,66286	82,46133	82,26125	82,06258	81,86527	81,66929	81,47459
3,6	83,70716	83,50553	83,30546	83,10689	82,90977	82,71405	82,51969	82,32665	82,13488
3,7	84,3346	84,13587	83,93869	83,743	83,54875	83,3559	83,1644	82,9742	82,78528
3,8	84,9531	84,75719	84,56282	84,36992	84,17847	83,9884	83,79967	83,61224	83,42608
3,9	85,56292	85,36975	85,1781	84,98793	84,79918	84,61181	84,42578	84,24105	84,05756
4	86,16429	85,97378	85,78479	85,59726	85,41115	85,22641	85,043	84,86087	84,68
4,1	86,75745	86,56953	86,38312	86,19816	86,01461	85,83243	85,65156	85,47198	85,29363
4,2	87,34262	87,15722	86,97332	86,79086	86,60981	86,43011	86,25172	86,07461	85,89872
4,3	87,92001	87,73707	87,55561	87,37559	87,19696	87,01967	86,8437	86,66898	86,4955
4,4	88,48982	88,30927	88,13019	87,95254	87,77627	87,60134	87,42771	87,25534	87,08418
4,5	89,05226	88,87403	88,69727	88,52193	88,34796	88,17532	88,00398	87,83388	87,66499
4,6	89,6075	89,43154	89,25704	89,08395	88,91222	88,74182	88,5727	88,40482	88,23814
4,7	90,15573	89,98198	89,80969	89,63879	89,46925	89,30102	89,13406	88,96834	88,80382
4,8	90,69713	90,52554	90,35539	90,18663	90,01922	89,85311	89,68827	89,52465	89,36223
4,9	91,23186	91,06238	90,89432	90,72764	90,56231	90,39827	90,23549	90,07393	89,91355
5	91,76009	91,59266	91,42664	91,262	91,09869	90,93667	90,7759	90,61634	90,45795
5,1	92,28197	92,11654	91,95252	91,78987	91,62853	91,46848	91,30967	91,15206	90,99562
5,2	92,79766	92,63418	92,47211	92,31139	92,15199	91,99386	91,83696	91,68126	91,52671
5,3	93,30729	93,14573	92,98555	92,82673	92,66921	92,51295	92,35792	92,20408	92,05139
5,4	93,81101	93,65131	93,493	93,33602	93,18034	93,02592	92,87271	92,72068	92,5698
5,5	94,30896	94,15108	93,99458	93,83941	93,68553	93,53289	93,38147	93,23121	93,0821
5,6	94,80126	94,64517	94,49044	94,33704	94,18491	94,03402	93,88433	93,73581	93,58842
5,7	95,28804	95,13369	94,9807	94,82902	94,67861	94,52943	94,38145	94,23462	94,08891
5,8	95,76943	95,61679	95,46549	95,31549	95,16676	95,01925	94,87293	94,72776	94,5837
5,9	96,24554	96,09456	95,94492	95,79658	95,64949	95,50361	95,35891	95,21536	95,07292
6	96,71648	96,56714	96,41912	96,27239	96,12691	95,98263	95,83952	95,69755	95,55668
6,1	97,18238	97,03463	96,8882	96,74305	96,59914	96,45642	96,31487	96,17444	96,03512
6,2	97,64333	97,49714	97,35227	97,20866	97,06628	96,9251	96,78507	96,64616	96,50834
6,3	98,09944	97,95478	97,81143	97,66933	97,52846	97,38877	97,25023	97,1128	96,97646

Высота плотного белка	Масса яйца					
	14,75	15	15,25	15,5	15,75	16
2	69,88374	69,63362	69,38469	69,1369	68,89022	68,6446
2,1	70,74401	70,49881	70,25481	70,01195	69,7702	69,52953
2,2	71,58758	71,34711	71,10784	70,86972	70,63271	70,39678
2,3	72,41507	72,17916	71,94443	71,71087	71,47842	71,24705
2,4	73,22709	72,99556	72,76522	72,53604	72,30798	72,081
2,5	74,02421	73,7969	73,57078	73,34582	73,12198	72,89923
2,6	74,80696	74,58372	74,36167	74,14078	73,92101	73,70233
2,7	75,57585	75,35653	75,13841	74,92145	74,70561	74,49085
2,8	76,33136	76,11584	75,90151	75,68833	75,47628	75,26531
2,9	77,07396	76,8621	76,65143	76,44191	76,23351	76,0262
3	77,80407	77,59575	77,38862	77,18264	76,97777	76,77398
3,1	78,52211	78,31721	78,1135	77,91094	77,70949	77,50911
3,2	79,22847	79,02689	78,82649	78,62723	78,42908	78,23201
3,3	79,92353	79,72515	79,52795	79,33189	79,13694	78,94306
3,4	80,60763	80,41237	80,21827	80,02531	79,83345	79,64266
3,5	81,28113	81,08888	80,89779	80,70783	80,51897	80,33117
3,6	81,94434	81,75501	81,56683	81,37978	81,19383	81,00894
3,7	82,59758	82,41108	82,22573	82,0415	81,85837	81,67629
3,8	83,24114	83,05738	82,87478	82,69329	82,51289	82,33354
3,9	83,8753	83,69421	83,51427	83,33544	83,15769	82,98099
4	84,50033	84,32184	84,14448	83,96824	83,79306	83,61893
4,1	85,11649	84,94052	84,76568	84,59194	84,41927	84,24764
4,2	85,72404	85,55051	85,37812	85,20682	85,03658	84,86737
4,3	86,3232	86,15206	85,98204	85,81311	85,64523	85,47839
4,4	86,91421	86,74539	86,57768	86,41105	86,24548	86,08093
4,5	87,49728	87,33072	87,16526	87,00087	86,83754	86,67522
4,6	88,07263	87,90826	87,74499	87,58279	87,42164	87,26149
4,7	88,64046	88,47823	88,31709	88,15702	87,99798	87,83995
4,8	89,20096	89,04081	88,88175	88,72375	88,56678	88,41081
4,9	89,75431	89,5962	89,43916	89,28318	89,12822	88,97426
5	90,30071	90,14457	89,98951	89,8355	89,6825	89,53049
5,1	90,84031	90,68611	90,53297	90,38088	90,22979	90,07969
5,2	91,3733	91,22098	91,06972	90,91949	90,77027	90,62203
5,3	91,89982	91,74934	91,59991	91,45151	91,30411	91,15769
5,4	92,42003	92,27135	92,12371	91,97709	91,83147	91,68681
5,5	92,93409	92,78715	92,64126	92,49639	92,3525	92,20957
5,6	93,44213	93,29691	93,15272	93,00955	92,86735	92,72611
5,7	93,9443	93,80075	93,65823	93,51671	93,37617	93,23658
5,8	94,44073	94,29881	94,15792	94,01802	93,8791	93,74111
5,9	94,93155	94,79123	94,65193	94,51362	94,37627	94,23986
6	95,41688	95,27812	95,14038	95,00362	94,86781	94,73294
6,1	95,89685	95,75962	95,6234	95,48815	95,35385	95,22048
6,2	96,37157	96,23584	96,1011	95,96734	95,83452	95,70262
6,3	96,84116	96,70689	96,57361	96,44129	96,30992	96,17945

## Показатель IQU рассчитанный для перепелиных яиц

Высота плотного белка	Масса яйца							
	8	8,25	8,5	8,75	9	9,25	9,5	9,75
2	41,076825	39,796507	38,490728	37,157779	35,795833	34,402933	32,976967	31,515656
2,1	42,731514	41,499745	40,244918	38,965521	37,659946	36,326475	34,963269	33,568349
2,2	44,325465	43,138697	41,930995	40,701013	39,447327	38,168423	36,862685	35,528384
2,3	45,862981	44,718041	43,554052	42,36981	41,164046	39,935417	38,682497	37,403766
2,4	47,34792	46,24196	45,118631	43,976848	42,815477	41,633321	40,429111	39,201506
2,5	48,78376	47,714214	46,628799	45,526537	44,406406	43,267333	42,108189	40,927778
2,6	50,173645	49,138191	48,088214	47,022827	45,941108	44,84209	43,724759	42,588048
2,7	51,520424	50,516956	49,500176	48,469278	47,423423	46,361738	45,283309	44,187178
2,8	52,826693	51,853293	50,867676	49,869103	48,85681	47,830004	46,787859	45,729511
2,9	54,094815	53,149735	52,193427	51,225213	50,244396	49,250251	48,242027	47,218943
3	55,326958	54,408595	53,479903	52,540258	51,589017	50,625519	49,649078	48,658984
3,1	56,525105	55,631991	54,729365	53,81665	52,893254	51,95857	51,011969	50,052804
3,2	57,691083	56,821866	55,943883	55,056597	54,159463	53,251919	52,333389	51,403278
3,3	58,826574	57,980009	57,125358	56,262124	55,389798	54,507863	53,615787	52,713022
3,4	59,933132	59,108067	58,275542	57,435089	56,586237	55,728505	54,861401	53,98442
3,5	61,012194	60,207566	59,396048	58,577205	57,750597	56,915774	56,072283	55,219655
3,6	62,065094	61,279914	60,48837	59,690054	58,884553	58,071449	57,250317	56,420725
3,7	63,093071	62,326421	61,553891	60,775098	59,989653	59,197165	58,397239	57,589471
3,8	64,097277	63,348303	62,593895	61,833692	61,067329	60,294438	59,51465	58,727588
3,9	65,078787	64,346692	63,609576	62,867096	62,118909	61,36467	60,60403	59,836638
4	66,038604	65,322644	64,602044	63,876481	63,145628	62,409161	61,666752	60,918071
4,1	66,977667	66,277145	65,572338	64,862937	64,148634	63,42912	62,704089	61,973228
4,2	67,896853	67,211119	66,521427	65,827484	65,128997	64,425674	63,717225	63,003356
4,3	68,796988	68,125429	67,450218	66,771073	66,087717	65,399873	64,707264	64,009615
4,4	69,678844	69,020887	68,35956	67,694596	67,025729	66,352697	65,675237	64,993086
4,5	70,543149	69,898254	69,250252	68,598889	67,94391	67,285065	66,622104	65,954778
4,6	71,390589	70,758246	70,123044	69,484736	68,843079	68,197836	67,548766	66,895636
4,7	72,221808	71,601539	70,97864	70,352874	69,72401	69,091817	68,456069	67,816542
4,8	73,037417	72,428769	71,817706	71,203999	70,587425	69,967766	69,344804	68,718325
4,9	73,83799	73,240536	72,640867	72,038763	71,43401	70,826397	70,215717	69,601763
5	74,624072	74,037408	73,448716	72,857784	72,264406	71,66838	71,069507	70,467589
5,1	75,396179	74,819922	74,241812	73,661645	73,079223	72,49435	71,906835	71,31649
5,2	76,154798	75,588585	75,020683	74,450897	73,879033	73,304904	72,728325	72,149115
5,3	76,900394	76,34388	75,785833	75,226061	74,66438	74,100606	73,534564	72,966077
5,4	77,633404	77,086263	76,537734	75,987632	75,435776	74,881992	74,326107	73,767955
5,5	78,354248	77,816169	77,276839	76,736078	76,19371	75,649567	75,103482	74,555294
5,6	79,063322	78,534011	78,003576	77,471844	76,938643	76,403811	75,867187	75,328614
5,7	79,761005	79,24018	78,718352	78,195352	77,671014	77,14518	76,617694	76,088404
5,8	80,447656	79,93505	79,421554	78,907004	78,391239	77,874104	77,355451	76,83513
5,9	81,12362	80,618976	80,113551	79,607182	79,099714	78,590997	78,080884	77,569234
6	81,789224	81,2923	80,794694	80,296251	79,796817	79,296247	78,794399	78,291135
6,1	82,444781	81,955343	81,46532	80,974557	80,482907	79,990228	79,49638	79,001231
6,2	83,090589	82,608415	82,125747	81,642432	81,158327	80,673293	80,187196	79,699904
6,3	83,726934	83,251813	82,776281	82,300191	81,823403	81,345781	80,867194	80,387515

Высота плюнного белка	Масса яйца								
	10	10,25	10,5	10,75	11	11,25	11,5	11,75	12
2	30,01652	28,47688	26,89377	25,26398	23,58393	21,8497	20,05690	18,20067	16,27552
2,1	32,13957	30,67464	29,17102	27,62598	26,03652	24,39932	22,71076	20,96680	19,16295
2,2	34,16366	32,76651	31,33479	29,86612	28,35797	26,80753	25,21175	23,56726	21,87032
2,3	36,09759	34,76225	33,39584	31,99636	30,56161	29,08919	27,57652	26,02076	24,41877
2,4	37,94907	36,67028	35,36351	34,02698	32,65881	31,25694	29,81915	28,34303	26,82594
2,5	39,72483	38,49801	37,24587	35,96688	34,65938	33,32161	31,95164	30,54741	29,10665
2,6	41,43083	40,25191	39,05002	37,82382	36,57184	35,29256	33,98430	32,64528	31,27355
2,7	43,07233	41,93772	40,78221	39,60460	38,40363	37,17794	35,92607	34,64646	33,33745
2,8	44,65405	43,56053	42,44795	41,31524	40,16127	38,98486	37,78471	36,55948	35,30770
2,9	46,18018	45,12488	44,05215	42,96104	41,85054	40,71959	39,56707	38,39178	37,19243
3	47,65449	46,63483	45,59920	44,54674	43,47655	42,38769	41,27916	40,14989	38,99876
3,1	49,08039	48,09405	47,09303	46,07657	45,04387	43,99408	42,92630	41,83959	40,73295
3,2	50,46097	49,50583	48,53718	47,55435	46,55660	45,54316	44,51324	43,46600	42,40054
3,3	51,79900	50,87315	49,93486	48,98349	48,01840	47,03889	46,04424	45,03370	44,00647
3,4	53,09704	52,19874	51,28895	50,36710	49,43260	48,48481	47,52310	46,54677	45,55512
3,5	54,35741	53,48506	52,60209	51,70799	50,80219	49,88415	48,95325	48,00890	47,05044
3,6	55,58223	54,73437	53,87669	53,00871	52,12991	51,23979	50,33781	49,42340	48,49599
3,7	56,77345	55,94875	55,11495	54,27160	53,41824	52,55440	51,67959	50,79328	49,89496
3,8	57,93286	57,13010	56,31888	55,49881	54,66946	53,83039	52,98115	52,12127	51,25028
3,9	59,06213	58,28016	57,49034	56,69229	55,88563	55,06995	54,24483	53,40986	52,56458
4	60,16278	59,40055	58,63102	57,85385	57,06867	56,27511	55,47279	54,66131	53,84026
4,1	61,23622	60,49276	59,74251	58,98514	58,22033	57,44773	56,66697	55,87770	55,07955
4,2	62,28377	61,55817	60,82626	60,08772	59,34225	58,58951	57,82920	57,06096	56,28444
4,3	63,30664	62,59807	61,88362	61,163	60,43591	59,70205	58,96113	58,21282	57,45681
4,4	64,30598	63,61366	62,91585	62,21229	61,50270	60,78680	60,06431	59,33493	58,59837
4,5	65,28284	64,60603	63,92412	63,23683	62,54391	61,84511	61,14015	60,42877	59,71068
4,6	66,23820	65,57624	64,90950	64,23775	63,56075	62,87825	62,18999	61,49574	60,79522
4,7	67,17300	66,52524	65,87303	65,21613	64,55432	63,88738	63,21505	62,53712	61,85333
4,8	68,08811	67,45395	66,81564	66,17295	65,52567	64,87359	64,21647	63,55411	62,88627
4,9	68,98433	68,36322	67,73822	67,10914	66,47577	65,83790	65,19532	64,54783	63,89521
5	69,86243	69,25384	68,64162	68,02558	67,40553	66,78127	66,15260	65,51933	64,88125
5,1	70,72312	70,12656	69,52660	68,92308	68,3158	67,70457	67,08922	66,46956	65,84539
5,2	71,56709	70,98208	70,39391	69,80240	69,20738	68,60866	68,00608	67,39945	66,78860
5,3	72,39497	71,82108	71,24424	70,66428	70,08102	69,49431	68,90397	68,30984	67,71175
5,4	73,20736	72,64418	72,07824	71,50938	70,93744	70,36226	69,78368	69,20155	68,61569
5,5	74,00484	73,45197	72,89652	72,33835	71,77729	71,21320	70,64592	70,07531	69,50120
5,6	74,78793	74,24501	73,69967	73,15179	72,60121	72,04779	71,49138	70,93183	70,36901
5,7	75,55716	75,02382	74,48824	73,95028	73,40979	72,86664	72,32069	71,77180	71,21982
5,8	76,313	75,78891	75,26274	74,73435	74,20359	73,67034	73,13446	72,59582	72,05428
5,9	77,05590	76,54076	76,02368	75,50452	74,98314	74,45944	73,93326	73,40450	72,87302
6	77,78631	77,27982	76,77151	76,26126	75,74895	75,23445	74,71764	74,1984	73,67660
6,1	78,50465	78,00650	77,50668	77,00505	76,50148	75,99587	75,48810	74,97804	74,46558
6,2	79,21129	78,72123	78,22961	77,73631	77,24120	76,74418	76,24513	75,74393	75,24048
6,3	79,90662	79,42439	78,94071	78,45546	77,96853	77,47981	76,98919	76,49655	76,00180

## Продолжение приложения 3

Высота плотного белка	Масса яйца								
	12,25	12,5	12,75	13	13,25	13,5	13,75	14	14,25
2	14,27530	12,19302	10,02072	7,749279	5,368158	2,865099	0,225723		
2,1	17,29420	15,35492	13,33875	11,23850	9,045924	6,751576	4,344519	1,812006	
2,2	20,11682	18,30216	16,42119	14,46811	12,43641	10,31864	8,106308	5,789636	3,357292
2,3	22,76714	21,06204	19,29926	17,47410	15,58127	13,61483	11,56807	9,433331	7,201853
2,4	25,26497	23,65696	21,99841	20,28542	18,51369	16,67840	14,77415	12,79484	10,73358
2,5	27,62692	26,10554	24,53957	22,92577	21,26058	19,54003	17,75973	15,91476	13,99958
2,6	29,86702	28,42341	26,94023	25,41476	23,84401	22,22471	20,55321	18,82549	17,03705
2,7	31,99722	30,62381	29,21510	27,76879	26,28236	24,75304	23,17781	21,55333	19,87590
2,8	34,02779	32,71808	31,37673	30,00177	28,59105	27,14224	25,65279	24,11991	22,54051
2,9	35,96766	34,71599	33,43584	32,12552	30,78318	29,40683	27,99430	26,54323	25,05105
3	37,82456	36,62601	35,40173	34,15025	32,86996	31,55917	30,21600	28,83846	27,42435
3,1	39,60532	38,45556	37,28248	36,08477	34,86106	33,60985	32,32956	31,01845	29,67465
3,2	41,31592	40,21114	39,08514	37,93678	36,76485	35,56806	34,34501	33,09422	31,81408
3,3	42,96170	41,89851	40,81595	39,71303	38,58868	37,44176	36,27106	35,07529	33,85304
3,4	44,54738	43,52276	42,48042	41,41948	40,33900	39,23796	38,11531	36,96991	35,80055
3,5	46,07719	45,08844	44,08345	43,06141	42,0215	40,96281	39,88443	38,78533	37,66446
3,6	47,55495	46,59964	45,62940	44,64352	43,64124	42,62177	41,58429	40,5279	39,45166
3,7	48,98407	48,06002	47,12221	46,17001	45,20273	44,21968	43,22011	42,20323	41,16821
3,8	50,36766	49,47289	48,56541	47,64466	46,71003	45,76088	44,79655	43,81633	42,81949
3,9	51,70853	50,84123	49,96219	49,07088	48,16676	47,24925	46,31776	45,37166	44,41027
4	53,00923	52,16778	51,31544	50,45175	49,57621	48,68831	47,78749	46,87320	45,94484
4,1	54,27211	53,45500	52,62780	51,79007	50,94136	50,08120	49,20911	48,32456	47,42703
4,2	55,49931	54,70517	53,90166	53,08837	52,2649	51,43081	50,58566	49,72898	48,86030
4,3	56,69277	55,92036	55,13921	54,34898	53,54929	52,73973	51,91991	51,08941	50,24777
4,4	57,85432	57,10246	56,34248	55,57404	54,79678	54,01036	53,21440	52,40851	51,59229
4,5	58,98560	58,25325	57,51331	56,76548	56,00944	55,24487	54,47141	53,68872	52,89643
4,6	60,08817	59,37432	58,65339	57,92511	57,18916	56,44525	55,69306	54,93228	54,16255
4,7	61,16343	60,46718	59,76432	59,05457	58,33768	57,61335	56,88129	56,14121	55,39280
4,8	62,21271	61,53322	60,84753	60,15541	59,45660	58,75084	58,03787	57,31740	56,58916
4,9	63,23724	62,57371	61,90438	61,22903	60,54742	59,85931	59,16445	58,46258	57,75344
5	64,23816	63,58986	62,93612	62,27675	61,61151	60,94018	60,26254	59,57833	58,88732
5,1	65,21653	64,58277	63,94392	63,29979	62,65015	61,99481	61,33354	60,66613	59,99235
5,2	66,17334	65,55349	64,92887	64,29928	63,66453	63,02443	62,37877	61,72735	61,06996
5,3	67,10952	66,50299	65,89197	65,27629	64,65576	64,03021	63,39944	62,76326	62,12148
5,4	68,02595	67,43217	66,83417	66,2318	65,62487	65,01322	64,39667	63,77503	63,14814
5,5	68,92344	68,34188	67,75637	67,16673	66,57282	65,97447	65,37151	64,76377	64,15109
5,6	69,80276	69,23293	68,65939	68,08197	67,50053	66,91490	66,32495	65,73050	65,13139
5,7	70,66463	70,10607	69,54401	68,97831	68,40883	67,83541	67,25791	66,67617	66,09006
5,8	71,50972	70,96200	70,41098	69,85653	69,29852	68,73680	68,17124	67,60170	67,02802
5,9	72,33869	71,80138	71,26098	70,71734	70,17035	69,61987	69,06576	68,50791	67,94616
6	73,15212	72,62485	72,09466	71,56142	71,02502	70,48534	69,94223	69,39559	68,84528
6,1	73,95060	73,43299	72,91264	72,38941	71,86320	71,33389	70,80137	70,2655	69,72617
6,2	74,73467	74,22637	73,71549	73,20191	72,68551	72,16619	71,64383	71,11832	70,58954
6,3	75,50483	75,00552	74,50377	73,99948	73,49254	72,98283	72,47026	71,95471	71,43608

## Продолжение приложения 3

Высота плотного белка	Масса яйца						
	14,5	14,75	15	15,25	15,5	15,75	16
2							
2,1							
2,2	0,796040						
2,3	4,863541	2,406669					
2,4	8,582500	6,332578	3,973406	1,492872			
2,5	12,00796	9,932830	7,766108	5,498526	3,119366	0,616142	
2,6	15,18288	13,25733	11,25403	9,165721	6,984135	4,699757	2,301572
2,7	18,14143	16,34535	14,48253	12,54722	10,53290	8,432181	6,236575
2,8	20,91123	19,22829	17,48755	15,68435	13,81347	11,86906	9,844472
2,9	23,51491	21,93172	20,29803	18,61005	16,86354	15,05379	13,17549
3	25,97129	24,47667	22,93764	21,35104	19,71339	18,02085	16,26913
3,1	28,29614	26,88071	25,42596	23,92925	22,38769	20,79811	19,15697
3,2	30,50284	29,15863	27,77941	26,36295	24,90682	23,40838	21,86471
3,3	32,60281	31,32300	30,01185	28,66747	27,28781	25,87063	24,41348
3,4	34,60591	33,38460	32,13512	30,85585	29,54502	28,20073	26,82092
3,5	36,52068	35,35276	34,15941	32,93922	31,69068	30,41216	29,10190
3,6	38,35458	37,23558	36,09353	34,92721	33,73531	32,51642	31,26903
3,7	40,11417	39,04015	37,94518	36,82817	35,68799	34,52341	33,33314
3,8	41,80523	40,77273	39,72109	38,64940	37,55664	36,44174	35,30358
3,9	43,43291	42,43882	41,42724	40,39732	39,34819	38,27891	37,18848
4	45,00178	44,04335	43,06887	42,07760	41,06875	40,04150	38,99497
4,1	46,51594	45,59071	44,65071	43,69529	42,72374	41,73534	40,72931
4,2	47,97909	47,08483	46,17696	45,25488	44,31797	43,36559	42,39704
4,3	49,39455	48,52925	47,65138	46,76040	45,85575	44,93685	44,00309
4,4	50,76533	49,92718	49,07738	48,21547	47,34093	46,45325	45,55186
4,5	52,09416	51,28150	50,45805	49,62337	48,77700	47,91847	47,04729
4,6	53,38354	52,59487	51,79617	50,98705	50,16710	49,33588	48,49294
4,7	54,63573	53,86968	53,0943	52,30922	51,51408	50,70848	49,89202
4,8	55,85284	55,10814	54,35474	53,59232	52,82053	52,03902	51,24742
4,9	57,03676	56,31225	55,57963	54,83860	54,08883	53,33001	52,56181
5	58,18926	57,48388	56,77092	56,05011	55,32114	54,58373	53,83757
5,1	59,31196	58,62473	57,93041	57,22873	56,51945	55,80227	55,07693
5,2	60,40638	59,73638	59,05974	58,37622	57,68558	56,98756	56,28190
5,3	61,47389	60,82028	60,16045	59,49416	58,82121	58,14135	57,45434
5,4	62,51579	61,87779	61,23394	60,58405	59,92790	59,26528	58,59596
5,5	63,53327	62,91015	62,28155	61,64726	61,00709	60,36085	59,70833
5,6	64,52747	63,91855	63,30447	62,68505	62,06011	61,42947	60,79292
5,7	65,49941	64,90406	64,30386	63,69863	63,08821	62,47242	61,85109
5,8	66,45008	65,86771	65,28076	64,68909	64,09252	63,49091	62,88408
5,9	67,38038	66,81043	66,23617	65,65746	65,07414	64,48607	63,89308
6	68,29117	67,73313	67,17102	66,60471	66,03406	65,45892	64,87916
6,1	69,18325	68,63663	68,08617	67,53174	66,97322	66,41047	65,84335
6,2	70,05738	69,52171	68,98242	68,43939	67,89250	67,34161	66,78660
6,3	70,91425	70,38912	69,86056	69,32847	68,79272	68,25321	67,70980



## Приложение 4

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ООО «Перепелочка»

 П.А. Гришин«05» октября 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.О. декана факультета зооинженерии и

биотехнологии ФГБОУ ВО СПбГАУ

 О.В. Осипова

\_\_\_\_\_ 2017 г.



АКТ

от «05» октября 2017 г.

о внедрении результатов научно-исследовательской работы по теме:

**«Динамика основных показателей качества перепелиных яиц при их хранении»**

Комиссия в составе: директора Гришина П.А., главного зоотехника Виноградовой О.А., ветеринарного врача Боровиковой Н.Ф., бригадира цеха инкубации Кокориной Т.А. и аспиранта Кулешовой Л.А. составили настоящий акт о том, что в период с февраля 2014 года по июнь 2016 года была проведена производственная проверка яиц перепелов эстонской породы в цехе инкубации ООО «Перепелочка».

Для производственной проверки был проведен опыт, целью которого явилось определение влияния разных условий предынкубационного хранения в течение 8 суток на динамику массы инкубационных яиц. В связи с этим яйца одной закладки (120 тыс. штук) были разделены на две группы, по 60 тыс. инкубационных яиц в каждой. Группа 1 - предынкубационное хранение происходило при температуре 15-18°C и относительной влажности 65%, группа 2 - температура хранения 10-12°C, относительная влажность 80%.

В каждой группе было выделено по контрольной группе (1000 яиц), масса которых определялась в первые и восьмые сутки.

Было выявлено, что все яйца (1 сут.), предназначенные к инкубации по массе соответствовали требованиям к перепелиным инкубационным яйцам (10-14 г.), однако доля яиц с массой 10-10,9 г., среди отобранных на инкубацию яиц (в данной партии), составила 20%.

В процессе хранения средняя потеря массы в 1-ой группе составила 2,8%, во 2-ой - 1,7%, что снизило массу предназначенных к инкубации яиц.

## Продолжение приложения 4

Количество яиц не соответствовавших после хранения требованиям к инкубационным яйцам по массе (менее 10 г.) составило: 1 группа – 108 яиц или 10,8% ( $A_1$ ), 2 группа – 100 яиц или 10,0% ( $A_2$ ).

В пересчете на всю закладку (120 тыс.), при использовании разных режимом хранения, потери составят:

$$1 \text{ группа: } (A_1 \times 120000) : 100 = 12960 \text{ яиц;}$$

$$2 \text{ группа: } (A_2 \times 120000) : 100 = 12000 \text{ яиц.}$$

Убытки от браковки яиц с массой менее 10 г., при средней себестоимости инкубационных яиц (1,92 руб/шт), составят:

$$1 \text{ группа: } 12960 \times 1,92 = 24883,2 \text{ руб;}$$

$$2 \text{ группа: } 12000 \times 1,92 = 23040 \text{ руб.}$$

При условии, что в среднем в хозяйстве производится 12 закладок в год, хозяйство будет терять:

$$1 \text{ группа: } 24883,2 \times 12 = 298598,4 \text{ руб;}$$

$$2 \text{ группа: } 23040 \times 12 = 276480 \text{ руб.}$$

Таким образом, для повышения эффективности работы цеха инкубации при выборе условий предынкубационного хранения яиц необходимо учитывать минимальную массу яиц, которая при использовании 8-суточного хранения при температуре 15-18°C и относительной влажности 65% не должна быть ниже 10,28 г., а при температуре 10-12°C и относительной влажности воздуха 80% - не ниже 10,17 г.

**Члены комиссии:**

*от ООО «Перепелочка»*

Директор


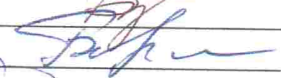

Главный зоотехник

Ветеринарный врач

Бригадир цеха инкубации

*от ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»*

Аспирант

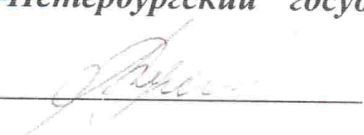
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

П.А. Гришин

О.А. Виноградова

Н.Ф. Боровикова

Т.А. Кокорина

  
\_\_\_\_\_

Л.А. Кулешова

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ**  
**«ПЕРЕПЁЛОЧКА»**

188351, Ленинградская область  
Гатчинский район  
п. Терволово, ул. Ленинградская, д. 15  
тел. (812) 960-01-63  
Факс: (812) 960-01-61  
e-mail: [pavel@lopp.ru](mailto:pavel@lopp.ru)



06.10.2015г № 94

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Акт внедрения

Выдан Институту биотехнологий Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в том, что его представители: Царенко П.П., Кулешова Л.А. и Васильева Л.Т. в порядке сотрудничества внедрили разработанные на кафедре птицеводства и мелкого животноводства современные методы оценки и контроля качества инкубационных перепелиных яиц с анализом результатов с целью повышения их выводимости.

Директор

Гришин П.А.

Главный зоотехник

Алексеева А.В.

## Приложение 6

УТВЕЖДАЮ:

И.о. декана факультета Инженерии  
и биотехнологий ФТБОУ ВО «СПбГАУ»  
канд.с.-х.наук О.В.Осипова



2017 г

Справка

от «27» октября 2017 года

о внедрении результатов научно-исследовательской работы на тему:

**«Динамика основных показателей качества перепелиных яиц при их  
хранении»**

Выдана соискателю кафедры птицеводства и мелкого животноводства Л.А. Кулешовой в том, что результаты исследований, представленные в работе, внедрены в учебный процесс по направлению подготовки 36.03.02 и 36.04.02 «Зоотехния» при изучении дисциплин «Птицеводство», «Инкубация с основами эмбриологии» и «Современные методы оценки яиц».

Заведующий кафедрой  
птицеводства и мелкого  
животноводства, доцент

О.В. Максимова

*Крестьянское (фермерское) хозяйство  
"Приручейная долина" Горонка М.Д.*

ИНН/КПП 4712001957/471201001 ОГРН 1024701652766 ОКАТО 41239824000

Расчетный счет 40702810060000020130, в Приозерском филиале ОАО Банка «Санкт-Петербург» г. Санкт-Петербург, К/с 3010181060000000817, БИК 044106817.

Юридический адрес: 188767, Ленинградская область, Приозерский район, Ларионовское сельское поселение, вблизи поселка Заостровье, Телефон: 8-911-039-60-49

Справка о внедрении

по теме диссертации «Динамика основных показателей качества перепелиных яиц при их хранении»

Выдана соискателю кафедры птицеводства и мелкого животноводства ФГБОУ ВО СПбГАУ Кулешовой Л.А. в том, что в порядке сотрудничества Кулешовой Л.А. и КХ «Приручейная долина» были внедрены соискателем разработанные на кафедре птицеводства и мелкого животноводства современные методы оценки и контроля качества инкубационных перепелиных яиц с анализом результатов. Это позволило усовершенствовать отбор яиц на инкубацию.

Глава КХ «Приручейная долина»



М.Д. Горонок