

Original researches

Influence of methods of processing and storage on qualitative indices of food chicken eggs

R. S. Shevchik, L. V. Kuneva, G. V. Samoilyuk

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Received: 10 April 2019
Revised: 22 April 2019
Accepted: 23 May 2019

Dnipro State Agrarian and Economic University, Sergii Efremov Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine

Tel.: +38-056-268-54-87
E-mail: rimmasvytoslavna@gmail.com

Cite this article: Shevchik, R. S., Kuneva, L. V., & Samoilyuk, G. V. (2019). Influence of methods of processing and storage on qualitative indices of food chicken eggs. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(2), 69–73. doi: 10.32819/2019.71012

Abstract. The high biological and nutritional value of food chicken eggs, their availability, maintains a constant consumer interest in the food market for this product. Issues of long-term storage of eggs with guaranteed quality and safety characteristics remain relevant. The prolongation of storage periods using various methods of treatment and conditions is studied for many years by scientists all over the world. If technological regimes of storage have long been included in world standards, the issue of sanitary treatment of eggs before storage remains controversial. The national standard for food chicken eggs limits the storage of washed eggs in the refrigerator until 12 days, whereas in the United States, Australia, Japan, chicken eggs are washed as a compulsory procedure before storage. Changes in qualitative characteristics of washed and raw eggs stored at temperatures of 4°C and 23°C were analyzed. In the study have been used eggs from one manufacturer, one batch. Experimental groups of eggs were formed, half of which was washed in warm water, the rest was not treated. Changes in qualitative parameters of food chicken eggs stored at a temperature of 23°C were noted. There is no significant difference in the process of storage between the washed and unwashed eggs in the quality indices. The decrease in the mass and density of eggs during storage at 23°C was 4–5.5 and 1.5–1.6 times, respectively, more than that of eggs cooled. The probable difference in the reduction of the values of the mass and density indicators for 10 weeks of observation is established between groups of eggs with different temperature storage conditions ($p < 0,05$). In the uncooled eggs for the 6th week of monitoring, the values of the Haugh units and the yolk index fell by 70.3% and 71.5% and 49.8% and 48.9% respectively, shifting the lower limit for the second week of storage. It was established that in the cooled eggs, on the 10th week of observation, Haugh units fell from the initial values by an average of 20%, with the lowest index of 65.2. Reducing the energy value by 13 and 15 kcal at the end of the experiment was established only in groups of eggs, which were stored at a temperature of 23°C.

Keywords: yolk index; Haugh units; energy value; egg washing; mass; density.

Вплив способів обробки та зберігання на якісні показники харчових курячих яєць

Р. С. Шевчик, Л. В. Кунева, Г. В. Самойлюк

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Анотація. Висока біологічна та поживна цінність курячих яєць, їх доступність підтримують до цього продукту постійну споживчу зацікавленість на ринку харчових товарів. Питання тривалого зберігання яєць із гарантованими характеристиками якості та безпечності залишається актуальним. Якщо технологічні режими зберігання давно увійшли до світових стандартів, то питання санітарної обробки яєць перед зберіганням залишається спірним. Національний стандарт на харчові курячі яйця обмежує зберігання в холодильнику митих яєць до 12 діб, тоді як в Сполучених Штатах Америки, Австралії, Японії миття курячих яєць перед зберіганням визнано обов'язковою процедурою. Проаналізовані зміни якісних характеристик промитих і необроблених яєць, що зберігались при температурах 4°C та 23°C. У дослідженні використовували яйця від одного виробника, однієї партії. Сформовані дослідні групи яєць, половину з яких промивали в теплій воді, решту не обробляли. Відмічені зміни якісних показників харчових курячих яєць, що зберігались при температурі 23°C. Суттєвої різниці в процесі зберігання між митими та немитими яйцями в показниках якості не встановлено. Зменшення маси та щільності яєць під час зберігання при 23°C були в 4-5,5 та в 1,5-1,6 разів відповідно, більше, ніж у яєць охолоджених. Вірогідна різниця у зниженні значень показників маси і щільності за 10 тижнів спостереження встановлена між групами яєць з різним температурним режимом зберігання ($p < 0,05$). В групах неохолоджених яєць на 6-й тиждень моніторингу значення показників одиниць Хау та індексу жовтка знизились на 70,3 і 71,5% та 49,8 і 48,9% відповідно, переткнувши нижню межу вже на другий тиждень зберігання. Встановлено, що в охолоджених яйцях, на 10-й тиждень спостереження одиниці Хау знизились від початкових значень в середньому на 20%, з найменшим показником 65,2. Зниження енергетичної цінності на 13 і 15 ккал в кінці дослідження встановлено тільки в групах яєць, що зберігались при температурі 23°C.

Ключові слова: індекс жовтка; одиниці Хау; енергетична цінність; промивання яєць; маса; щільність.

Вступ

Висока поживна та біологічна цінність, доступність у якості джерела тваринного повноцінного і легкозасвоюваного білка, робить харчові курячі яйця продуктом, що користується значним попитом у споживачів.

Важливим і актуальним є питання безпечності та якості товарного яйця. Можливість тривалого зберігання забезпечує природна будова та хімічний склад яєць, але при цьому необхідно враховувати багато факторів (температуру, відносну вологість зберігання, вік курей-несучок, ступінь забруднення яєчної шкаралупи), що впливають у підсумку на якість продукту.

Температура зберігання яєць є фундаментальним фактором. Уплив температури під час зберігання на якість і безпечність яєць підтверджено різними вченими. Зберігання яєць при кімнатній температурі призводило до вірогідного погіршення якісних показників умісту яєць, збільшення швидкості проникнення і розмноження *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* порівняно з яйцями, що зберігалися у холодильних камерах (Al-Natour et al., 2011; Figueiredo et al., 2011; Figueiredo et al., 2013; Lublin et al., 2015; Jones et al., 2017).

Доцільність миття товарних курячих яєць перед пакуванням залишається спірним питанням у світі багато років. Миття харчових яєць за певними схемами використовують у Сполучених Штатах Америки, Австралії, Японії, тоді як у Великобританії, країнах Європейського Союзу не визнають цю практику. Вважається, що миття яєць порушує структуру надшкаралупної плівки (кутикули), яка є першою лінією захисту на непошкодженому яйці від проникнення через пори шкаралупи мікроорганізмів. Проте, ця позиція в одних дослідженнях спростовується (Leleu et al., 2011; Jones et al., 2017), а в інших, підтверджується (Gole et al., 2014; Liu et al., 2016). Також, не варто нехтувати фактом, що миття яєць із дотриманням необхідних процедур обробки в рази зменшує мікробне забруднення шкаралупи (Samiullah et al., 2013).

Якість яєць оцінюють визначенням їх фізичних, хімічних і біологічних характеристик. Опис якісних характеристик яєчного білка включає: консистенцію, шаруватість, висоту щільного білка, діаметри (великий і малий) щільного білка, масу всього білка та окремо його фракцій, їх співвідношення, колір, запахи тощо. Якість жовтка визначається цілим комплексом показників: масою, пігментацією, висотою, діаметром, індексом жовтка (Carenko & Kuleshova, 2016). Під час зберігання яєць у результаті процесів розщеплення органічних сполук спостерігаються такі зміни вмісту як: розрідження щільного шару білка, послаблення жовткової оболонки. Швидкість цих змін пов'язана з температурою і тривалістю зберігання (Figueiredo et al., 2013). Тому якість яєць під час зберігання може бути визначена шляхом вимірювання висоти щільного шару білка, розрахунку індексу білка і жовтка, одиниць Хау (units Haugh (UH)). Крім того, з часом відбувається поступове випаровування вологи із яйця, що призводить до усушки та визначається зменшенням маси, щільності, збільшенням повітряної камери яйця (Jones & Musgrove, 2005).

Відмінності в способах обробки та зберігання яєць у всьому світі створюють бар'єри в міжнародній торгівлі яйцями (Jones et al., 2017). Дане дослідження проведено для оцінки впливу умов обробки та зберігання на якісні характеристики харчових курячих яєць.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили в лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Курячі яйця з білою шкаралупою першої категорії були придбані в торгівельній мережі міста. Яйця підібрали від одного виробника, однієї

партії, з терміном у 3 доби від сортування на підприємстві. Сформовано чотири групи по 30 штук яєць у кожній, які відрізнялись обробкою і умовами зберігання (табл. 1). Яйця зберігали в чистих (вмитих і просушених) пластикових стандартних коробках по 10 штук у кожній. Перед початком зберігання проведений огляд і овоскопія, яйця з пошкодженою шкаралупою були відокремлені та видалені із дослідів.

Яйця I і II груп перед початком дослідів мили теплою водою (45°C) і підсушували стерильними серветками, після чого уклали в коробки, які маркували. Яйця I і III груп зберігали в холодильнику (4°C), а II і IV – при температурі 23°C.

Визначення морфологічних показників якості яєць.

Масу яєць визначали за допомогою лабораторних електронних ваг *Jadewer SNUG-II 300*. Висоту, діаметр жовтка та білка яєць вимірювали штангенциркулем ШЦ-I-125. Висоту щільного шару білку вимірювали після розбивання яйця та його розтікання по рівній горизонтальній поверхні, на відстані 1 см від жовтка. На підставі показників висоти, діаметрів білка та жовтка за формулами обчислювали відповідно індекс білка і жовтка (NABEL Co., Ltd.). Показник одиниць Хау розраховували за формулою:

$$UH = 100 \times \log (H-1.7W^{0.37}+7.6),$$

використовуючи значення висоти щільного білка та масу яйця (Haugh, 1937). Щільність курячих яєць визначали флотацийним методом за допомогою сольових розчинів із концентраціями від 0,5 до 13%. Енергетичну цінність яєць встановлювали за формулою Штеле-Філатова застосовуючи показники маси яйця, жовтка та білка (Shtele & Fylatov, 2012). Статистичну обробку експериментальних результатів для визначення біометричних показників (середнє значення та її похибка, порівняння середніх значень за критерієм Стьюдента) здійснювали з використанням програми *Microsoft Excel*.

Результати

Найбільше зниження маси та щільності спостерігали в дослідних групах митих і немитих яєць, які зберігали при температурі 23°C. Найменші зміни були відмічені у митих яйцях, що зберігалися за температури 4°C, тоді як у немитих за аналогічною температурою зберігання ці ознаки усушки були дещо більшими.

Суттєвої різниці у втратах маси між митими і немитими яйцями під час зберігання в охолоджену стані не встановлено. Аналогічну картину спостерігали в групах яєць, які зберігали при температурі 23°C – графічні лінії по зменшенню маси митих і немитих яєць схожі між собою (Рис. 1).

Значної різниці у зменшенні щільності між митими та немитими яйцями під час зберігання в холодильнику не виявили. У дослідних групах яєць, які зберігали при температурі 23°C інтенсивність підсихання вмісту, що зображено лініями падіння показників щільності яєць митих і немитих яєць, майже однакова (Рис. 2).

На противагу цьому, явна різниця простежується в дослідних групах яєць, що зберігалися при температурах 23°C і 4°C – зменшення щільності в середньому за тиждень становило 0,8% проти 0,4%, тобто усушення вмісту неохолоджених яєць відбу-

Таблиця 1. Схема дослідів

№ групи	Підготовка до зберігання	Температура зберігання, °C	Відносна вологість повітря, %
I	Миття	4	85
II	Миття	23	70–75
III	Не оброблені	4	85
IV	Не оброблені	23	70–75

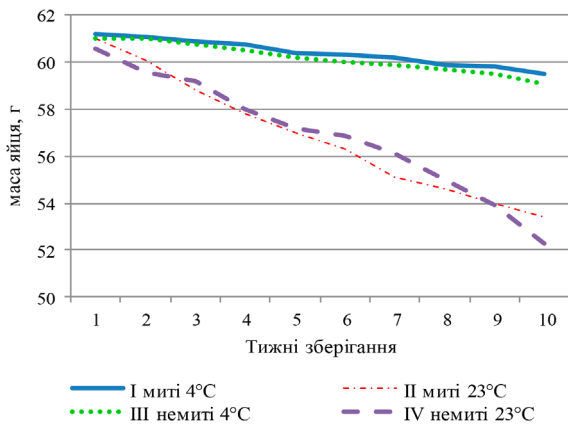


Рис. 1. Динаміка зміни маси курячих яєць за різних умов зберігання

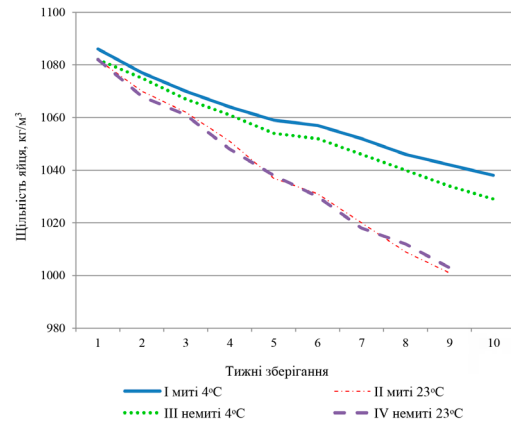


Рис. 2. Динаміка зміни щільності курячих яєць за різних умов зберігання

валосся у 2 рази швидше. Загальні втрати маси та щільності яєць за період спостереження неохолоджених яєць були в 4–5,5 та в 1,5–1,6 разів відповідно, більше, ніж у яєць охолоджених.

Середній відсоток втрати маси яйця за тиждень коливався від 0,28 до 1,37% (табл. 2). У групі митих, охолоджених яєць відмічали найменшу інтенсивність втрати ваги за тиждень, у той час, як у немитих при високих температурах зберігання

Таблиця 2. Швидкість зменшення маси яєць за різних способів зберігання ($M \pm m$, $n = 20$)

Група	Втрата маси, %	
	за тиждень	за 10 тижнів
I	0,28 ± 0,02*	2,78 ± 0,04
II	1,23 ± 0,03	12,75 ± 0,02
III	0,31 ± 0,02**	3,11 ± 0,05
IV	1,37 ± 0,04	13,7 ± 0,02

Примітка: * – різниця вірогідна ($p < 0,05$) між показниками 2 і 4 груп

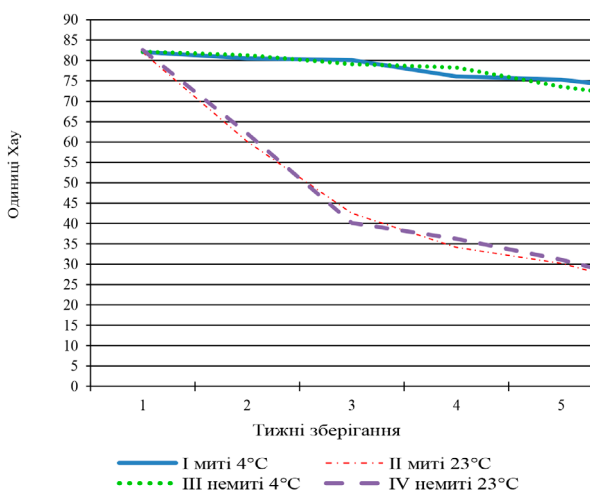


Рис. 3. Динаміка змін одиниць Хау від умов обробки та зберігання яєць

були найбільші втрати маси. Миті та немиті охолоджені яйця втратили в кінці 10-тижневого періоду спостереження найменше маси – 2,78 і 3,11%, достовірної різниці між ними не виявлено, тоді як у неохолоджених яєць цей показник становив 12,75 і 13,7%, тобто був у 4,1–4,9 разів більше. Зберігання при температурі 23°C призвело до більш інтенсивної втрати маси, середньотижневий показник зменшення ваги яйця становив 1,23–1,37%.

Вірогідна різниця за показниками втрати маси яєць за 10 тижнів зберігання встановлена між I і II групами ($p < 0,05$) та III і IV групами ($p < 0,05$).

Отже, суттєва різниця в способах обробки і зберігання яєць за кількістю втрати маси і щільності, тобто усушення яєць, встановлена тільки за температурою зберігання.

Середні значення якісних показників (одиниці Хау та індекс жовтка) яєць за різних умов зберігання представлені за 6-ти тижневий період зберігання, оскільки у яєць II і IV груп фізичні характеристики з 6-го тижня були нижче меж, які можливо визначити. Під час дослідження визначали висоту щільного шару білка яєць і розраховували одиниці Хау.

Встановлено, що в охолоджених яєць (I і III групи), на 10-й тиждень спостереження одиниці Хау знизились від початкових значень у середньому на 20%, з найменшим значенням показника – 65,2. Графічні лінії II-ї і IV-ї груп яєць, що зберігались при 23°C суттєво відрізняються від інших (Рис. 3). На 3-й тиждень зберігання встановлено різке зменшення значень одиниць Хау: в 1,9–2,1 рази від початкових значень, на 6-й тиждень спостереження – вже на 70,3–71,5% із значенням менше 25 одиниць.

Суттєвої різниці змін одиниць Хау під час зберігання у митих і немитих яєць не встановлено.

Збільшення діаметру жовтка на фоні зменшення його висоти, яке відбувається в результаті послаблення жовткової оболонки, виражали індексом жовтка. Індекс жовтка використовували в якості показника “старіння” яйця (рис. 4).

Чітко простежується різниця між дослідними групами яєць: охолодженими та неохолодженими. У митих і немитих яєць, що зберігалися при температурі 4°C індекс жовтка знизився нижче 40% (0,40) лише на десятий тиждень зберігання, тоді, як при температурі 23°C у яєць II і IV груп цей показник опустився нижче нормативного значення (0,40). На другий тиждень зберігання, тобто вже за тиждень зберігання індекс жовтка був на 14,4 та 16,8% менше від початкових значень. Упливу способу обробки яєць перед закладкою на зберігання на показники його якості в нашому дослідженні не виявлено, тоді як, визначена домінуюча дія температурного фактору. Швидка втрата ела-

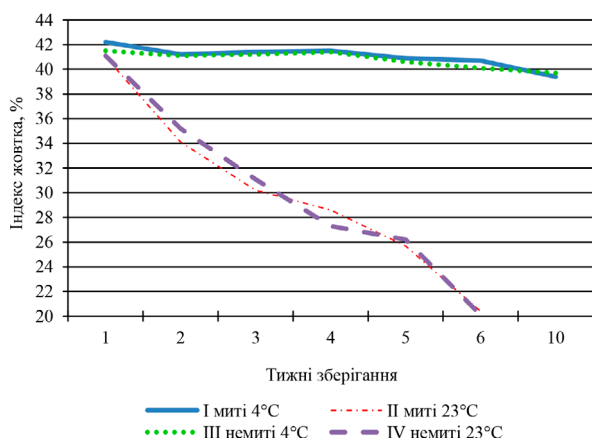


Рис. 4. Динаміка змін індексу жовтка яєць, що зберігалися за різних умов

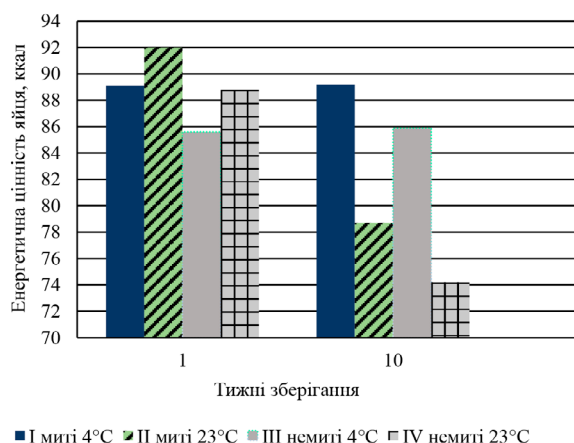


Рис. 5. Вплив умов зберігання яєць на їх енергетичну цінність

стичності жовткової оболонки яйця та зниження індексу жовтка спостерігалась із одночасним інтенсивним зниженням щільності білка (його висоти), падінням одиниць Хау в яєць уже через тиждень зберігання при 23°C: на 14,4 та 16,8% і на 26,7 та 24,8%, відповідно. Зниження значень показників маси та щільності яєць цих груп було не таким інтенсивним, але достовірно відрізнялось від охолоджених яєць і було за перший тиждень зберігання на 1,5 і 1,7% та 1,1 і 1,3% відповідно менше.

Енергетичну цінність яєць встановлювали по відомій масі із врахуванням співвідношення білка до жовтка на початку дослідження та на десятий тиждень зберігання (рис. 5).

Змін енергетичної цінності яєць протягом десяти тижнів зберігання у холодильнику (I і III груп) не встановлено. Незначне зменшення маси яєць (1,5 г) на 10-й тиждень зберігання не вплинуло на цей показник, можливо тому, що випаровування вологи через пори шкаралупи відбувалось переважно із білкової частини яйця, яка має меншу енергетичну цінність, ніж жовток.

Отже, результати досліджень свідчать про збереження основних якісних показників яєць при зберіганні в охолоджену стані протягом тривалого часу. Кімнатна температура зберігання вплинула в підсумку на енергетичну цінність яєць 2-ї і 4-ї груп: відмічене зменшення цього показника на 14,5 і 16,4% порівняно із значеннями на початку дослідження, що дорівнює 13 і 15 ккал відповідно.

Обговорення

Зберігання яєць при кімнатній температурі призвело до більш інтенсивної втрати маси, середній показник за тиждень зменшення ваги яйця становив 1,23–1,37%, що має незначні відмінності з даними вчених, у яких цей показник для немитих, неохолоджених яєць становив 1,15% (Jones et al., 2017).

Суттєва різниця у способах обробки і зберігання яєць за кількісними втратами маси і щільності, тобто усихання яєць, встановлена нашими дослідженнями тільки за температурним фактором. Відсутність достовірної різниці між митими та немитими яйцями при різних температурах зберігання співпадає із результатами закордонних вчених (Leleu et al., 2011; Jones et al., 2017).

Визначено, що в охолоджених яйцях (I і III груп), на 10-й тиждень спостереження одиниці Хау знизилися від початкових значень у середньому на 20%, з найменшим показником 65,2, що подібно до повідомлень, у яких значення одиниці Хау на 10-й тиждень при холодному зберіганні яєць зменшилися з 82,6 до 67,4, тобто на 18,9% (Jones & Musgrove, 2005). Достат-

ньо високу якість охолоджених яєць за одиницями Хау (72 > клас A ≥ 60, USDA, 2000), навіть, на 15-й тиждень зберігання відмічають американські вчені (Jones et al., 2017). Інші вчені зазначають, що такий параметр якості яєць, як одиниці Хау не можна вважати надійним методом оцінки поступової втрати якості яєць під час зберігання, оскільки на нього сильно впливає вік курей і тому зберігання яєць у холодильнику може бути обмежене 4 тижнями (одиниці Хау не нижче 60), якщо яйця отримані від курей 60-ти тижневого віку (Figueiredo et al., 2013).

У наших дослідженнях одиниці Хау у яєць кімнатної температури зберігання вже через тиждень знизилися до 60,1 і 62,1, що співпадає з результатами, отриманими іншими дослідниками, у яких при температурі 22°C через тиждень одиниці Хау яєць були на нижньому рівні (60) або нижче (Jones et al., 2017). На противагу цьому, інші дослідники за показником одиниць Хау допускають зберігання яєць при кімнатній температурі до 10–15 днів (Figueiredo et al., 2013).

Встановлено, що при температурі зберігання 23°C у яєць II і IV груп індекс жовтка опустився нижче 40% (0,40) вже через тиждень зберігання і був на 14,4 та 16,8% менше від початкових значень. Ці результати відрізняються від повідомлень, в яких у яєць при температурі зберігання 22°C індекс жовтка знижувався швидше, ніж у наших дослідженнях і через тиждень був на 24% менше (Jones et al., 2017). Швидку втрату еластичності жовткової оболонки яйця, а відповідно і зниження індексу жовтка відповідно 0,40 через 2 тижні зберігання при кімнатній температурі, зазначають інші вчені (Suwannarach et al., 2017).

Енергетична цінність яєць не змінювалась впродовж десяти тижнів зберігання в холодильнику (I і III групи), що співпадає з повідомленнями в інших дослідженнях (Роров, 2012). Була зазначена відповідність нормативним показникам якості курячих харчових яєць на 10 тиждень зберігання при температурі 4°C. Американські вчені підтверджують, що чим нижче температура зберігання, тим довше термін зберігання яєць (Jones & Musgrove, 2005).

Таким чином, не було встановлено впливу процедури миття яєць перед зберіганням на якісні характеристики, що співпадає з одними повідомленнями (Leleu et al., 2011; Jones et al., 2017) і суперечить іншим (Gole et al., 2014; Liu et al., 2016).

Суттєвий вплив температури зберігання на якість яєць визначено за всіма показниками, що підтверджено багатьма дослідженнями (Jones & Musgrove, 2005; Leleu et al., 2011; Figueiredo et al., 2011, 2013; Al-Natour et al., 2012; Lublin et al., 2015; Suwannarach et al., 2017; Jones et al., 2017).

Висновки

На якісні показники харчових курячих яєць при тривалому зберіганні впливає температура 23°C. Суттєвої різниці в процесі зберігання між митими та немитими яйцями за показниками якості не встановлено. Зберігання яєць при кімнатній температурі привело до інтенсивної втрати маси в середньому за тиждень – на 1,23–1,37%. Зменшення маси та щільності яєць кімнатної температури зберігання були в 4–5,5 та в 1,5–1,6 рази відповідно, більше, ніж у яєць охолоджених. Вірогідна різниця у зниженні значень показників маси та щільності за 10 тижнів зберігання встановлена між групами яєць, що зберігалися при 23°C і 4°C ($p < 0,05$).

У групах неохолоджених яєць на 6-й тиждень спостереження значення показників одиниць Хау та індексу жовтка знизились на 70,3 і 71,5% та 49,8 і 48,9% відповідно, перетнувши нижню межу вже на другий тиждень зберігання.

Результати досліджень не підтверджують необхідність обмеження терміну зберігання митих харчових яєць у холодильнику до 12 діб, як зазначено у національному стандарті на харчові курячі яйця ДСТУ 5028:2008.

Зниження енергетичної цінності на 13 і 15 ккал у кінці дослідження встановлено тільки в групах яєць, що зберігалися при температурі 23°C.

References

- Al-Natour, M. Q., Alaboudi, A. R., Al-Hatamelh, N. A., & Osaili, T. M. (2011). *Escherichia coli* O157:H7 Facilitates the Penetration of *Staphylococcus aureus* into Table Eggs. *Journal of Food Science*, 77(1), 29–34.
- Carenko, P.P., & Kuleshova, L.A. (2016). *Metody opredeleniya svezhesty u optimizatsiya uslovyj hranenija jayc* [Methods for determining freshness and optimization of egg storage conditions]. Lap Lambert Academic Publishing, Deutschland (in Russian).
- Figueiredo, T. C., Cançado, S. V., Viegas, R. P., Rêgo, I. O. P., Lara, L. J. C., Souza, M. R., & Baião, N. C. (2011). *Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 63(3), 712–720.
- Figueiredo, T. C., Viegas, R. P., Lara, L. J. C., Baiao, N. C., Souza, M. R., Heneine, L. G. D., & Cancado, S. V. (2013). *Bioactive amines and internal quality of commercial eggs*. *Poultry Science*, 92(5), 1376–1384.
- Gole, V. C., Roberts, J. R., Sexton, M., May, D., Kiermeier, A., & Chousalkar, K. K. (2014). *Effect of egg washing and correlation between cuticle and egg penetration by various Salmonella strains*. *International Journal of Food Microbiology*, 182-183, 18–25.
- Haugh, R. R. (1937). *The Haugh unit for measuring egg quality*. *US Egg Poultry Mag.*, 43, 522–555, 572–573.
- Jones, D. R., & Musgrove, M. T. (2005). *Effects of extended storage on egg quality factors*. *Poultry Science*, 84(11), 1774–1777.
- Jones, D. R., Ward, G. E., Regmi, P., & Karcher, D. M. (2017). *Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality*. *Poultry Science*, 97(2), 716–723.
- Leleu, S., Messens, W., De Reu, K., De Preter, S., Herman, L., Heyndrickx, M., De Baerdemaeker, J., Michiels, C.W., & Bain, M. (2011). *Effect of egg washing on the cuticle quality of brown and white table eggs*. *Journal of Food Protection*, 74(10), 1649–1654.
- Liu, Y.-C., Chen, T.-H., Wu, Y.-C., Lee, Y.-C., & Tan, F.-J. (2016). *Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs*. *Food Chemistry*, 211, 687–693.
- Lublin, A., Maler, I., Mechani, S., Pinto, R., & Sela-Saldinger, S. (2015). *Survival of Salmonella enterica Serovar Infantis on and within Stored Table Eggs*. *Journal of Food Protection*, 78(2), 287–292.
- Popov, P. A. (2012). *Kachestvennye pokazateli i biologicheskaja cennost' jaic pri ozonirovanii* [Quality indicators and biological value for eggs ozonation]. *Vestnik Rossijskogo Universiteta Druzby Narodov. Serija: Agronomija i Zhivotnovodstvo*, (3), 79-85 (in Russian).
- Samiullah, K., Chousalkar, K. K., Roberts, J. R., Sexton, M., May, D., & Kiermeier, A. (2013). *Effects of egg shell quality and washing on Salmonella Infantis penetration*. *International Journal of Food Microbiology*, 165(2), 77–83.
- Shtele, A. L., & Filatov, A. I. (2012). *Kachestva pishhevih kurinyh jaic razlichnoj massy i modelirovanie ih jenergetichekoj cennosti* [Characteristics of food chicken eggs of various weight and their energy value modeling]. *Izvestija Timirjazevskoj Sel'skohozjajstvennoj Akademii*, (6), 165-175 (in Russian).
- Suwannarach, N., Kaewyana, C., Yodmeeklin, A., Kumla, J., Matsui, K., & Lumyong, S. (2017). *Evaluation of Muscodor cinnamomi as an egg biofumigant for the reduction of microorganisms on eggshell surfaces and its effect on egg quality*. *International Journal of Food Microbiology*, 244, 52–61.